

THESE

présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Nantes
pour obtenir le grade de
Docteur ès-Sciences Naturelles

par

Jean-Paul JACQUIN

Maitre Assistant à la Faculté des Sciences de Nantes

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE GÉOLOGIQUE ET MINIÈRE DE LA SIERRA DE GADOR

(Almeria, Espagne)

TOME II

GÉOLOGIE MINIÈRE

Soutenue le 8 Juin 1970 devant la Commission d'Examen

Président : **P. CAVET**

Examineurs : **M. DURAND DELGA**
F. H. FORESTIER

Rapporteur : **A. BERNARD**

Invités : **F. FOGLIERINI**
Cl. GAGNY



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555406_0029

THESE

présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Nantes
pour obtenir le grade de
Docteur ès-Sciences Naturelles

par

Jean-Paul JACQUIN

Maitre Assistant à la Faculté des Sciences de Nantes

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE GÉOLOGIQUE ET MINIÈRE DE LA SIERRA DE GADOR

(Almeria, Espagne)

TOME II

GÉOLOGIE MINIÈRE

Soutenue le 8 Juin 1970 devant la Commission d'Examen

Président : **P. CAVET**

Examineurs : **M. DURAND DELGA**
F. H. FORESTIER

Rapporteur : **A. BERNARD**

Invités : **F. FOGLIERINI**
Cl. GAGNY



AVERTISSEMENT

La deuxième partie de cette étude a été appelée «Géologie minière» en raison de l'échelle à laquelle les problèmes y sont traités et de l'orientation volontairement régionale qui lui a été fixée.

Les observations ont été conduites par secteurs miniers où le travail analytique a porté sur la forme des corps minéralisés et sur les rapports de ces derniers avec leur contexte lithostratigraphique. Au niveau des affleurements, la compréhension des problèmes a demandé l'appui des informations qui pouvaient être recueillies jusqu'à l'échelle microscopique.

Le travail n'a pas été abordé qui aurait consisté, après ce stade, à reprendre l'analyse plus fine de certains secteurs sur le terrain et au Laboratoire.

En commençant l'étude de cette région fort mal connue qu'était la Sierra de Gador, chercher à comprendre les phénomènes métallogéniques simplement au niveau de la région m'a paru représenter une étape indispensable avant d'entamer des recherches plus approfondies, c'est-à-dire métallogéniques, au sens classique du terme, et qui demanderont plus de sédimentologie, de géochimie, etc

Par rapport à ces études métallogéniques qui abordent très souvent les problèmes à partir de l'échelle des gisements pour chercher à expliquer la genèse des roches et des minerais, je me suis placé au niveau de la région pour tenter de comprendre la localisation et la nature des concentrations économiques, but que je m'étais fixé dès le départ. Cette démarche m'a permis de résoudre un certain nombre de problèmes, mais je suis persuadé que beaucoup d'autres, effleurés ici, m'obligeront, lorsqu'ils auront fait l'objet d'études plus fouillées, à nuancer certaines de mes conclusions actuelles.

CHAPITRE XIII

INTRODUCTION A L'ETUDE DES MINERALISATIONS

Considérés par rapport à l'art des mines, la géologie du midi de l'Espagne offre, sur une échelle immense, deux principaux exemples bien différents, mais également remarquables, d'une classe de gîtes métallifères peu connue ; je veux parler des gîtes de galène, disposés dans le sens des couches.

PERNOLLET, 1846.

1 - HISTORIQUE

1. 1. La "préhistoire" minière régionale.

Aux époques phénicienne et romaine, tout le midi de l'Espagne a connu une intense activité minière : les nombreux outils retrouvés dans d'anciennes galeries en témoignent. D'après J.A. TAPIA (1964), les Phéniciens venaient déjà acheter la galène et l'argent aux mineurs de Berja et le port d'embarquement était alors Adra ; puis, les Romains profitèrent abondamment de ces richesses. Sous l'occupation maure, il semble que l'activité se soit un peu ralentie dans la région qui nous intéresse ici. Toujours suivant les recherches conduites par J.A. TAPIA (1964, on ne dispose guère de données entre l'époque de la domination et la fin du XVIIIe siècle où apparaissent les premiers chiffres concernant ces exploitations.

Cette absence de données avant la fin du XVIIIe siècle paraît traduire une période de sommeil de l'activité minière espagnole, explicable en partie par l'intérêt que présentèrent longtemps les colonies. Jusqu'au début du XIXe siècle, l'exploitation minière en Espagne fut un privilège exclusif des Rois, exceptionnellement concédé à bail à des particuliers (M.F. LE PLAY, 1834). Avec l'effondrement de l'empire colonial, il fallut revoir les réglementations antérieures.

1. 2. La " belle époque " minière et la décadence.

Avec les événements de 1820, des dispositions libérales sont prises et le droit d'exploiter les richesses minérales tombe dans le domaine commun. Par la suite, ces dispositions sont encore renforcées (M.F. LE PLAY, op. cit.) et toute la région qui nous intéresse devient l'objet d'une folie du plomb et de l'argent : entre 1825 et 1826, trois mille cinq cents puits de mines sont creusés dans les Sierras de Lujar et de Gador. En 1833, 4 000 puits sont foncés dans la seule Sierra de Gador.

Du N W d'Almeria à Berja, partout l'on creuse, les concessions se multiplient au point que les ingénieurs du service des mines ont et auront souvent bien du mal soit à régler les litiges de limites ou à s'y retrouver dans le "puzzle" des concessions. C'est à cette époque que le "Pic de la Estrella", au-dessus de Berja change d'aspect : vu de loin ou en photographie aérienne, il a l'allure d'un champ couvert de taupinières. A partir de tranchées ou directement par des puits atteignant parfois deux cents mètres, des mineurs de tous âges (y compris de jeunes garçons) s'enfoncent sous la terre au hasard, semble-t-il à cette époque, pour extraire le "recio" ⁽¹⁾ et le "garbillo" ⁽¹⁾. Des fortunes locales se constituent en quelques années, plus ou moins rapides suivant la teneur en argent des galènes. Le minerai est fondu dans la région ou exporté surtout vers Marseille. Sur place, on fabrique la poudre à partir du soufre des exploitations locales et du "nitre extrait par la lixiviation des poussières des rues" (A. PAILLETTE, 1841) dans des usines clandestines qui vendent leur produit aux mineurs à des prix atteignant parfois le quintuple du cours officiel (A. PAILLETTE, op. cit.).

Actuellement, on est surpris lorsqu'on pénètre dans ces anciens travaux par leur complexité et leur anarchie (les mineurs actuels les appellent "labor de ratones" ⁽²⁾). Il faut s'y déplacer souvent à plat ventre, monter, descendre pour refaire le chemin parcouru par ceux qui suivaient les "veines", guidés par les mouches de galène et la "sal de lobo" ⁽³⁾, à la recherche des "yeux de perdrix" (petits amas de galène pure) ou de la "bonanza" (amas de plus grande taille). Par le dédale de ces boyaux, on aboutit souvent aux "cathédrales", vastes chambres d'exploitation atteignant jusqu'à plus de dix mètres de haut et de large, traduisant d'anciennes zones particulièrement riches.

La production locale croît à une vitesse vertigineuse. En Sierra de Gador, en 1825, époque à laquelle travaillent environ 10 000 mineurs, elle atteint 46 800 tonnes de plomb métal pour l'année (rapport de A. PEREZ DOMINGO, cité par ALVARADO y de la PEÑA, 1832). Ce phénomène préoccupe l'Europe et c'est l'époque où de nombreux ingénieurs des mines anglais, allemands et français visitent la région. Dans ces trois pays, on s'inquiète de cette "offre désordonnée" (expression empruntée à J. GODOY RAMIREZ, 1917), on veut connaître les mines et la métallurgie locale, connaître la nature du minerai, l'essayer en fonderie. Plusieurs Français ont laissé des documents précieux et quelquefois colorés de leur voyage d'étude : M.F. LE PLAY (1834) ; A. PAILLETTE (1841, 1842) ; M. SAUVAGE (1843) ; M. PERNOLLET (1846).

(1) «Recio» : minerai constitué de galène presque pure, triée à la main.

«Garbillo» : minerai moins riche, tamisé à sec.

(2) «Labor de ratones» : travaux de souris.

(3) «sal de lobo» : «sel de loup», la fluorine.

Cette "ruée vers le plomb argentifère" portait en elle les germes de sa ruine : l'"offre désordonnée, l'imprévision, l'ignorance et d'autres causes inhérentes à la nature des gisements" (J. GODOY RAMIREZ, op. cit.), l'anarchie des exploitations, l'absence d'"étude scientifique qui aurait permis une exploitation plus intelligente et plus économique" (F. de BOTELLA, 1882), le déboisement qui paralysa les fonderies (J.A. TAPIA, 1964), conduisirent rapidement l'activité minière au déclin. En 1839, il y a déjà 2 200 mines de plomb abandonnées (sur 3 870 recensées) et 40 usines de traitement fermées (sur 124) dans les provinces de Grenade et d'Almeria (statistiques citées par A. PAILLETTE, 1841). Entre cette période faste et nos jours, seules quelques petites exploitations continueront à fonctionner, souvent temporairement, et parmi elles, il faut souligner les exploitations d'or des environs de Grenade qui connurent un regain d'activité fébrile en 1850 (Y. SABAU et Th. DUMAS, 1851) et que l'on tenta d'étendre hélas sans succès à la région d'Ugijar. En 1962, il y avait une mine en exploitation dans la Sierra de Lujar, une dans la Sierra de Gador et deux dans la Sierra Alhamilla ; en Sierra de Gador, trois laveries traitaient les haldes des anciennes exploitations, toute la Sierra était déclarée "réserve de l'Etat". L'Est de la province d'Almeria (Sierra Almagrera, en particulier) et le Sud de la province de Murcie ne connurent pas ce désintéressement minier complet.

1. 3. Les études de géologie minière relatives à la région.

Les voyageurs dont il a été question ont tous été frappés par l'existence de deux types de gîtes métallifères : les gîtes filoniens et les gîtes du type "manto" ("capa" —couche— dans le jargon actuel des mineurs) et par la constance des horizons encaissants. Certains relevèrent déjà quelques faits importants : l'existence de directions préférentielles des minéralisations (F. de BOTELLA, 1882) ; les variations de teneur des "mantos", leur irrégularité (A. PAILLETTE, 1841), les déformations dans les galènes ("minerai en lames radiées"—A. PAILLETTE, op. cit.—). A cette époque, l'origine de ces gisements du type "manto" était considérée comme hydrothermale (remplissage de cavités ouvertes dans les calcaires et les dolomies par des solutions thermominérales —F. de BOTELLA, op. cit.).

Dans les explications génétiques, il faut faire une place à part aux vues catastrophistes de J. GODOY RAMIREZ (1917) exprimées dans un opuscule consacré à la géologie et aux mines de la Province d'Almeria. L'auteur (probablement andalou) retrace dans un style vigoureux l'effondrement de la Méditerranée qu'il relie au refroidissement terrestre et l'activité volcanique régionale comme s'il les avait vécus. Pour lui, les "éruptions hydrothermales" s'"infiltrèrent" dans toute la Sierra de Gador, dolomitisent les roches, détruisent les matières organiques, imprègnent de soufre et de plomb les argiles et les calcaires.

Depuis cette publication, la Sierra de Gador ne semble plus avoir intéressé aucun scientifique. Comme elle est restée un peu à l'écart des investigations stra-

tigraphiques et tectoniques (les quelques incursions de J. WESTERVELD (1929) et W.H. HETZEL (1923) mises à part), elle est restée aussi à l'écart des études minières. Seul, A. MARIN (1911) s'intéressa aux gisements de soufre de son extrémité orientale et en donna une étude remarquablement détaillée et objective, d'autant plus utile que les mines de ce secteur sont devenues totalement inaccessibles. Par la suite, D. WILLIAMS (1936) en publia une seconde étude. A la même époque, le fer semble avoir pris le relais du plomb et retenu l'attention de A. de SIERRA (1915) en Sierra de Los Filabres et de R. GUARDIOLA et A. de SIERRA (1925-1928) qui en firent l'objet d'une volumineuse étude conduite à travers les provinces de Murcia et d'Almería.

Il a fallu attendre la dernière décennie pour voir à nouveau quelques publications relatives aux gisements de plomb et de fluorine alpujarrides ; elles seront mentionnées plus loin.

2 — LES BUTS POURSUIVIS.

Dans le périmètre qui fait l'objet de ce mémoire, il existe des minéralisations dans toutes les nappes sauf dans les lambeaux malaguides. Elles se répartissent dans le matériel ancien (filons à blende et galène, des "schistes noirs" névado-filabrides), dans le Permo-Trias inférieur (t_1 des nappes de Gador et de Felix) et dans le Trias plus élevé (t_2 de la nappe de Gador et de la nappe de Lujar, marbres névado-filabrides). Le Néogène transgressif est lui-même minéralisé (alunite et soufre de l'extrémité de la Sierra de Gador) mais il n'en sera pas question ici.

En gros, les minéralisations observées dans t_1 renferment du cuivre, du fer, tandis que celles de t_{2b} contiennent de la galène, de la fluorine et d'autres minerais accessoires.

Examiner toutes ces minéralisations les unes après les autres serait fastidieux et finalement peu utile. Il m'a paru préférable de me pencher surtout sur celles des nappes de Gador et de Felix et à la lumière des résultats obtenus tenter de comprendre quelles pouvaient bien être les relations spatio-temporelles entre ces minéralisations et leur contexte. Ainsi, dans les chapitres qui suivent, il sera question de deux secteurs types (zone de la Estrella et mine de Coto-Laisquez) situés dans la nappe de Gador puis, une synthèse sur les minéralisations de cette nappe sera élaborée. Ensuite, j'examinerai rapidement les minéralisations des autres nappes (Névado-Filabrides, nappe de Lujar et nappe de Felix) et, dans les conclusions, je reviendrai sur les problèmes de géologie régionale.

CHAPITRE XIV

ZONE DU PECHO DE CONEJO ET DE LA ESTRELLA

1 - LOCALISATION GEOGRAPHIQUE

Le Pic de la Estrella (1.976 m) est un haut sommet de la Sierra de Gador ; situé sur l'extrémité occidentale de celle-ci, il domine la dépression de Berja (fig. 1). On y accède de Berja par une piste qui longe une "rambla" jusqu'à la Castala puis escalade le flanc abrupt de la Sierra de Gador.

Ce sommet se raccorde au Pecho del Conejo (1.722 m) par une longue arête NS séparant un ravin à l'E qui débouche près du village de Fondon d'une zone de plateau s'étendant jusqu'au Caparidan (1.658 m) et au Julio Verne (1.585 m) au NW.

Toute cette zone a fait autrefois l'objet de nombreuses exploitations situées sur les flancs de la Estrella, au Pecho del Conejo et sur les versants occidentaux du Caparidan et du Julio Verne. Il ne sera question ici que des minéralisations de la Estrella et du Pecho del Conejo, particulièrement représentatives de toutes celles de la zone.

2 - LOCALISATION GEOLOGIQUE

A l'W, au NW et au N de la zone qui vient d'être décrite affleurent des lambeaux de la nappe de Felix de taille et de formes diverses dessinant une ceinture presque continue (fig. 156). Entre cette ceinture et au-delà du Barranco de las Plomerías, à l'E et de la Loma de Garcia, au S et au NE, n'affleurent plus que les dolomies (t2b) et la série à dominante calcaire (t3) de la nappe de Gador.

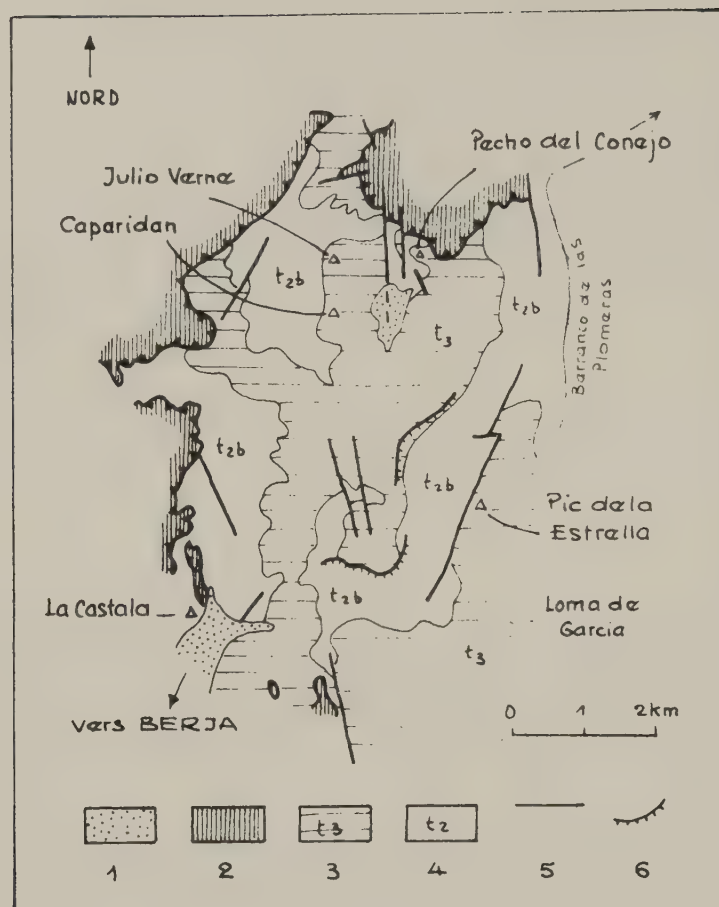


Fig. 156. — Localisation géographique et géologique du Pic de la Estrella et du Pecho del Conejo.

1. Alluvions récentes ; 2. Nappe de Felix ; 3. t_3 de la nappe de Gador ;
4. t_2 de la nappe de Gador ; 5. faille ; 6. chevauchement.

Dans ce secteur, les dolomies t_{2b} affleurent essentiellement dans les ravins entaillant profondément la bordure occidentale de la Sierra et à la faveur de l'anticlinal complexe de la Estrella.

Les minéralisations en galène et fluorine qui vont être décrites se situent toutes au sommet de la série t_{2b} , au Pecho del Conejo comme dans la zone de la Estrella.

Elles se présentent sous la forme de niveaux à galène et fluorine bien individualisés dans la série (Pecho del Conejo) ou encaissées de manières diverses dans une gamme de roches variées (zone de la Estrella) où l'on peut distinguer quelques grands types :

- dolomies grises ou noires, siliceuses à galène, fluorine, et blende exceptionnelle ;
- "franciscaine" qui sera définie plus loin comme une roche dolomitique aux structures très particulières mais surtout d'aspect rayé ou tigré ;
- brèches diverses où le minerai peut se trouver dans le ciment et les éléments ;
- dolomies ou dolomies calcaires argileuses à galène, plus rarement à fluorine ;
- roches siliceuses à fluorine, dolomite, galène et hémimorphite.

Toutes ces roches vont être examinées dans leur cadre sédimentologique et tectonique.

3 – LA MINÉRALISATION DU PECHO DEL CONEJO

La minéralisation apparaît ici sous la forme d'une roche constituée essentiellement par de la fluorine blanche et noire que j'ai appelée "pierre indienne" ⁽¹⁾ (J.P. JACQUIN, 1966) pour la distinguer de la "franciscaine" ⁽¹⁾ elle-même blanche et noire, mais dolomitique.

La "pierre indienne" est représentée sur la zone de la Estrella en quelques points de sa bordure orientale et surtout dans la galerie dite "Esperanza" (fig. 171 a) mais les meilleurs affleurements de toute l'extrémité occidentale de la Sierra de Gador semblent bien être ceux du "Pecho del Conejo" et d'un secteur appelé "La Tolva".

La situation lithostratigraphique et le cadre structural des affleurements du Pecho del Conejo sont donnés par les figures 157 et 158. La coupe de la fig. 157 se situe immédiatement sous la limite t₂/t₃ que je place ici au-dessus des derniers horizons siliceux.

3. 1. Constitution minéralogique de la « pierre indienne »

Les niveaux blancs sont constitués par de la fluorine en cristaux quelque fois reconnaissables à l'œil nu tandis que les niveaux noirs ne révèlent leur structure cristalline qu'au microscope. Examinés en lame mince, ils montrent d'autres

(1) Ces deux termes déjà mentionnés par J. VESTERVELD (1929) désignent dans le langage des mineurs, toutes les roches rayées noires et blanches, indépendamment de leur nature minéralogique. Pour des raisons de commodité et d'usage actuel, j'ai adopté les sens utilisés ici.

différences : les niveaux noirs renferment beaucoup plus d'impuretés que les blancs (quartz, carbonates et probablement matières organiques uniformément répartis) ; les premiers apparaissent très fétides au sciage tandis que les seconds ne le sont pas du tout.

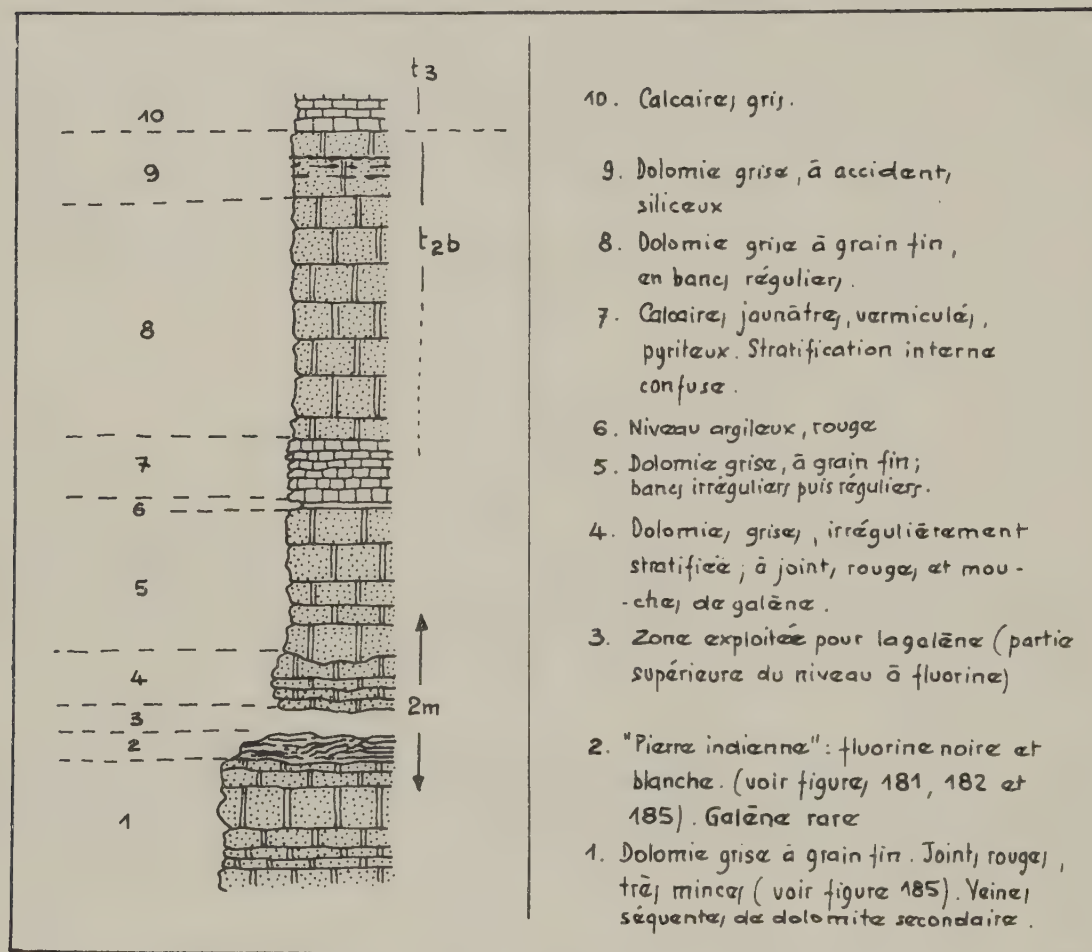


Fig. 157. — Localisation lithostratigraphique du niveau de "pierre indienne" du Pecho del Conejo.

L'examen des plaques épaisses, immergées dans une solution d'indice égal à celui de la fluorine, a fait apparaître la présence de nombreuses inclusions comparables à celles décrites par J.C. TOURAY et J. YAJIMA (1967) dans des fluorines tunisiennes ; très abondantes dans la fluorine noire, elles renferment entre autres les mêmes goutelettes jaunâtres qui pourraient être des hydrocarbures ⁽¹⁾.

(1) Je remercie J.C. TOURAY qui a bien voulu examiner quelques échantillons du Pecho del Conejo que je lui avais confiés.

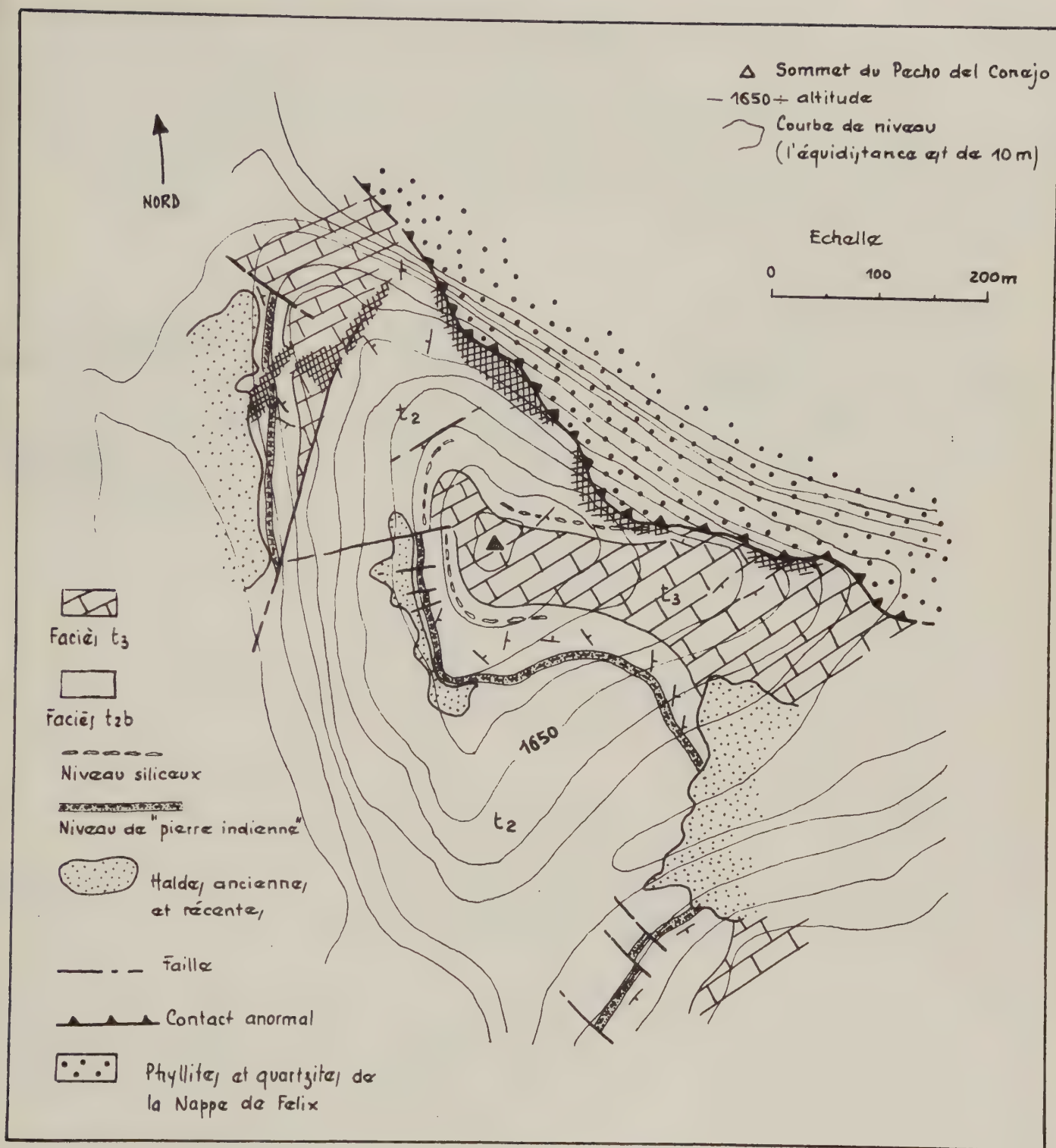


Fig. 158. — Localisation des niveaux de "pierre indienne" (Pecho del Conejo).

La galène disséminée dans la fluorine noire ou blanche se présente généralement en amas plus ou moins allongés (1 à 5 cm) dans le sens de la stratification ou en mouches. Je n'ai pas observé de relation entre la taille des cristaux de galène et celle des cristaux de fluorine encaissants (zone blanche à gros cristaux ou noire à petits cristaux). Cette galène est souvent complètement transformée en cérusite et cette dernière peut être complètement dissoute sur les affleurements : il ne reste plus alors que des cavités sur les parois desquelles on reconnaît de rares cristaux de cérusite et des restes de galène (fig. 159).

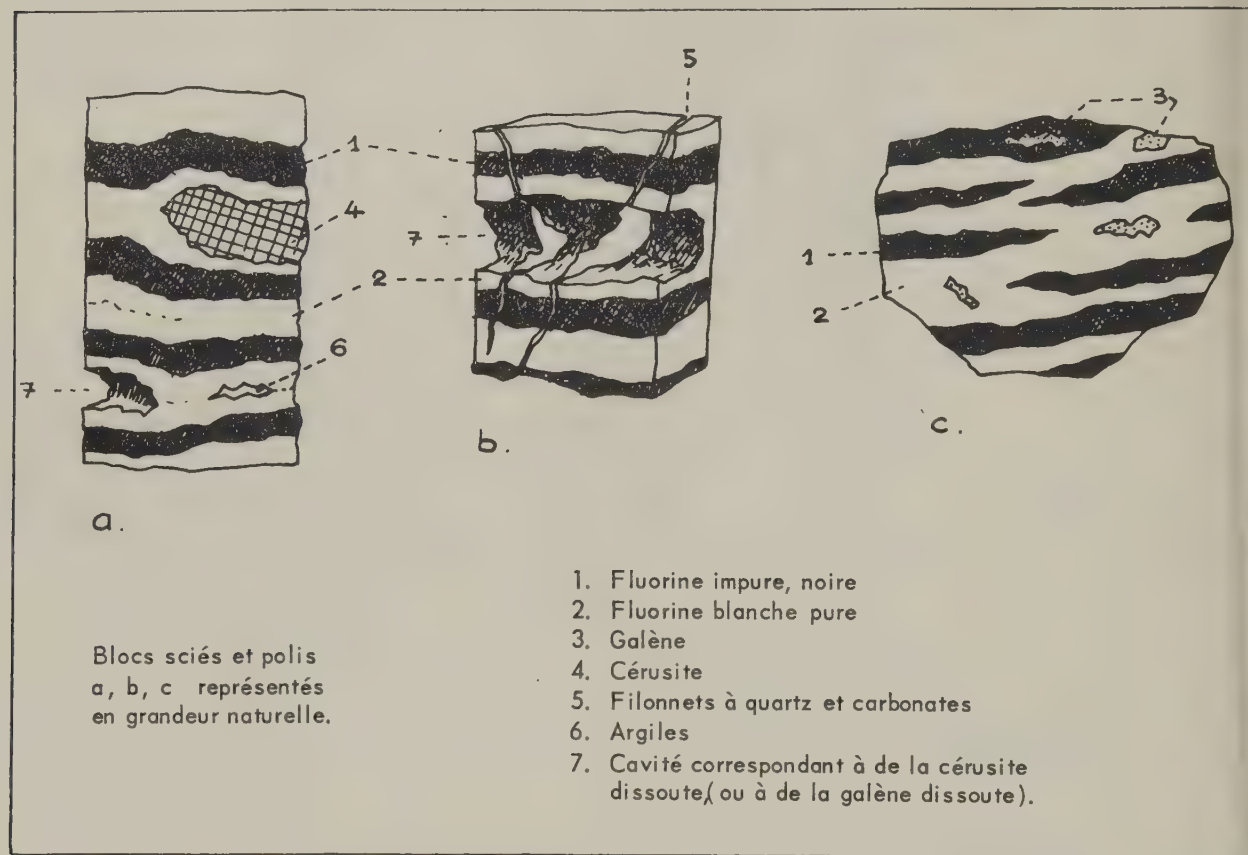


Fig. 159. — Relations entre les minéraux essentiels et accessoires constitutifs de la "pierre indienne".
(échantillons provenant des affleurements du Pecho del Conejo).

Exceptionnellement et dans des zones bréchiques d'origine tectonique, j'ai pu observer des géodes dans la fluorine blanche. Dans ces géodes, où elle représente le dernier minéral à avoir cristallisé, la fluorine montre fréquemment des formes cubiques imparfaites (cristaux imparfaits ou figures de dissolution ?) et une teinte rose à violacée.⁽¹⁾

(1) En Sierra de Lujar, H. LEROY, 1967, a observé également de telles géodes dans lesquelles il a trouvé des cristaux de galène postérieurs à la fluorine.

3.2. Structure et relation avec les roches encaissantes.

La structure de détail de ces horizons (disposition des zones noires et blanches par rapport au mur et au toit de la couche) est donnée par les figures 160, 162, 163 et 166. Sur la première apparaissent des irrégularités dans la disposition des bandes noires et blanches qui me paraissent devoir être liées à la tectonique : le froissement et les bréchifications internes de la couche caractérisent un horizon incompetent (à fluorine) déformé entre des couches plus compétentes (dolomitiques). L'absence d'irrégularités au toit et au mur, de part et d'autre de ces zones à alternances perturbées permet d'exclure la possibilité d'une origine antétectonique (diagénétique, par exemple) à ces déformations. Ces figures sont particulièrement abondantes dans le niveau du Pecho del Conejo, proche du contact avec la nappe de Felix alors que dans la galerie "Esperanza", beaucoup plus éloignée de ce contact, elles sont rares. La structure en alternances blanches ou noires grossièrement parallèle au mur et au toit de ces couches à fluorine apparaît ainsi antérieure à la tectonique souple ayant affecté la nappe.

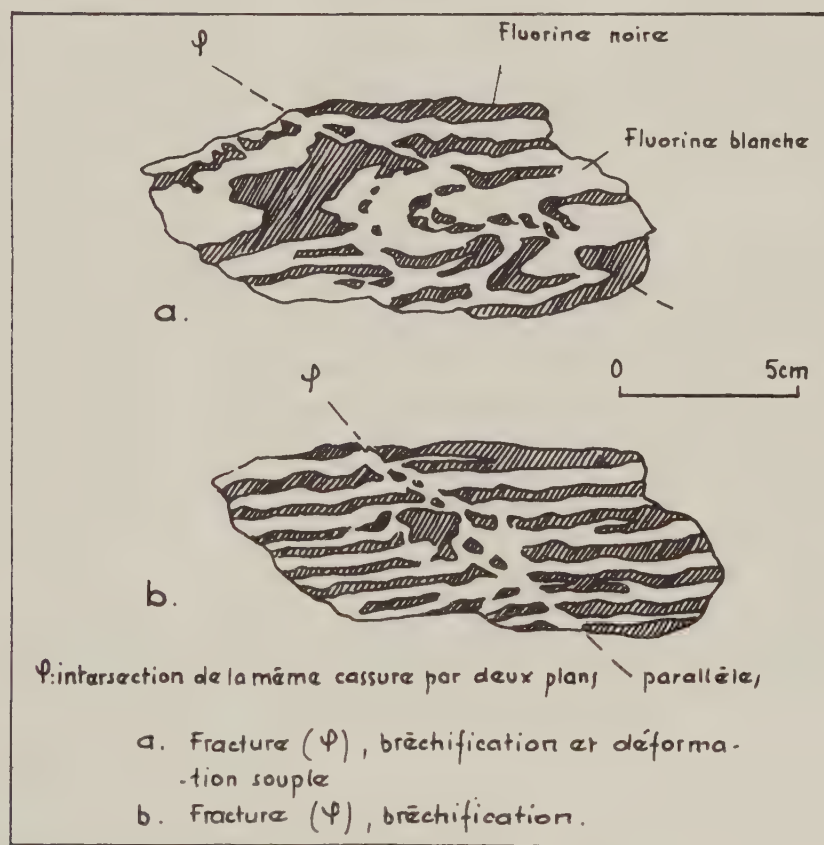


Fig. 160. — Déformations tectoniques dans la "pierre indienne".
Les coupes représentent des structures situées dans deux plans parallèles séparés par 5 cm et provenant du même échantillon.

Le contact entre les dolomies et le niveau de fluorine est toujours très brutal et relativement régulier : ce niveau est parfaitement interstratifié. A l'approche des failles il est bréchifié et décalé au même titre que les roches qui l'encadrent : il est donc antérieur aux fracturations.

3. 3. Interprétation génétique.

L'origine de tels niveaux, en raison de leur tectonisation, doit être considérée comme antérieure aux plissements et fracturations. Compte tenu de leur parfaite concordance dans la série, ils doivent être envisagés comme des faciès particuliers de cette série. La possibilité d'une origine épigénétique me paraît devoir être écartée parce que jamais je n'ai observé au sein de ces horizons de témoins d'une éventuelle roche antérieure qui aurait pu être remplacée. Si l'on tient compte maintenant du fait que ces horizons passent latéralement aux dolomies noires à grain fin par l'intermédiaire des roches décrites aux paragraphes 4.3.5 et 4.3.6. (un exemple de ce passage est donné par la fig. 161), l'hypothèse d'un remplacement à quelque moment qu'il se situe doit être à mon avis écartée ; on ne voit pas comment ce remplacement aurait affecté localement et totalement un seul groupe de bancs dolomitiques parmi d'autres, rigoureusement identiques, alors que latéralement, ces bancs ne seraient que partiellement remplacés et n'offriraient aucun critère définitif en faveur d'un tel phénomène.

L'étude de la zone de la Estrella apportera d'autres preuves indirectes, en faveur d'une origine syngénétique pour la "pierre indienne" (voir le tableau n° X).

Ce sont ces processus de remplacement qu'invoquent P. GOOSSENS et T. VAN AUTENBOER (1964) pour expliquer la mise en place de niveaux analogues situés dans la série carbonatée de la Sierra de Baza. Cette hypothèse, basée sur le schéma de la dissolution de calcaires préexistants, invoqué par R.M. GROGAN (1949) ou le "rhythmic banding" (E.S. BASTIN, 1931) expliquerait fort mal le fait que certaines dolomies qui vont être décrites plus loin puissent renfermer une forte proportion de fluorine disséminée régulièrement dans la masse rocheuse et ces dolomies à fluorine existent aussi en Sierra de Baza.

De telles minéralisations ("pierre indienne") ont été reconnues aussi en Sierra de Lujar, et H. LEROY (1967) a repris et retravaillé à leur sujet les hypothèses qui viennent d'être citées. Il a tenté de les adapter au stade de la diagenèse des roches-suppôts et proposé une hypothèse génétique où l'on retrouve les idées de R.M. GROGAN (op. cit.), sur la formation des dolomies à fluorine à partir de calcaires soumis à l'influence de solutions fluorées et magnésiennes dans un milieu de sédimentation particulier caractérisé par la présence de bassins et hauts-fonds instables à fleur d'eau : c'est sur les hauts-fonds au passage des dolomies aux calcaires que se situeraient les minéralisations en fluorine, galène et cérusite (accès-soire) considérées comme "syngénétiques sédimentaires" (p. 136). Ces conclusions

sont basées sur les résultats expérimentaux obtenus par J. W. BAXTER (1963), S.F. GRAYSON (1956), L.L. AMES (1961), et J. CADEK et M. MALKOVSKY (1963), l'étude du contexte local et l'étude statistique des données géochimiques tirées de l'analyse de 150 échantillons.

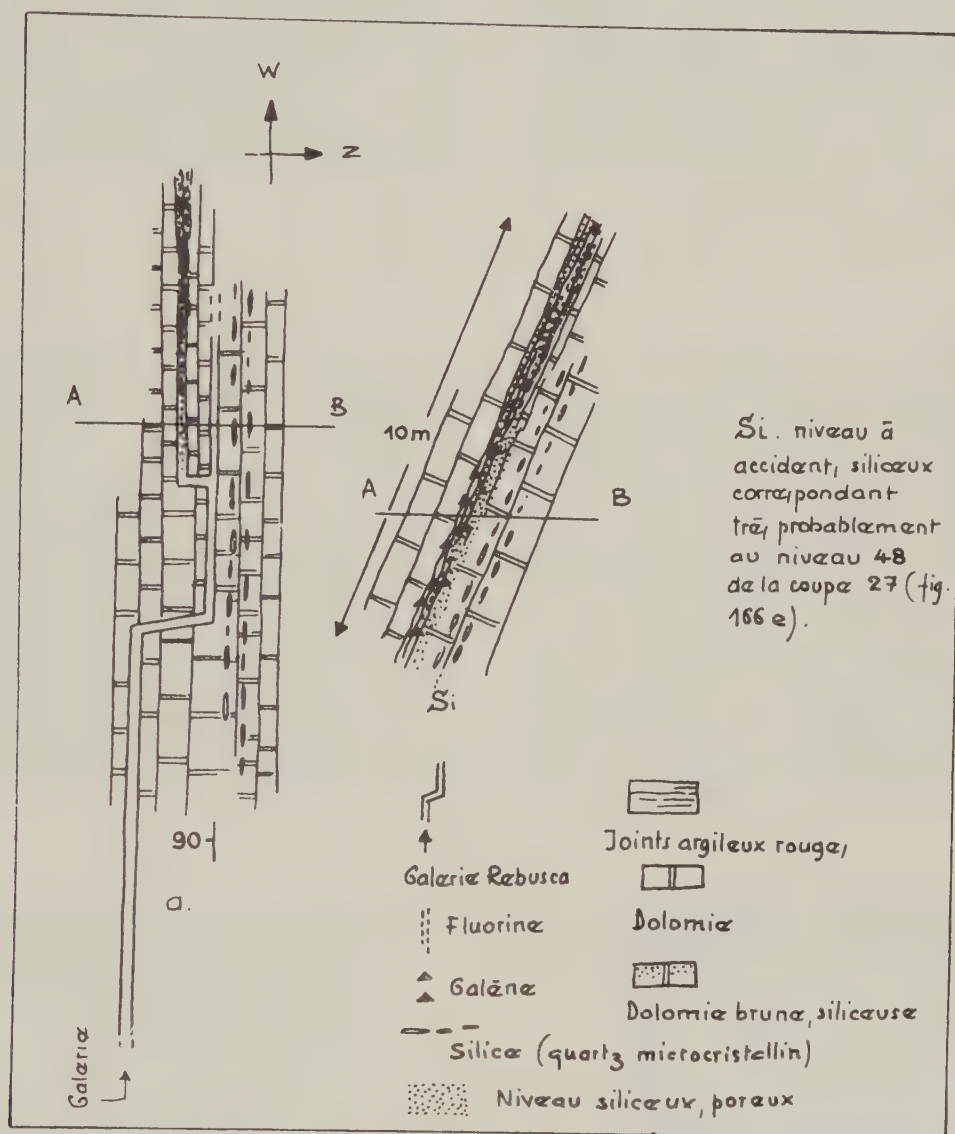


Fig. 161. — Galerie Rebusca. Relations spatiales de quelques faciès et localisation des minéralisations en galène et fluorine.

Si cette hypothèse a pu être appliquée en Sierra de Lujar, elle ne me semble pas adaptée au niveau de "pierre indienne" du Pecho del Conejo où, encore une fois, il ne reste pas de témoins calcaires dans la "pierre indienne" que je n'ai jamais observée passant latéralement à des calcaires.

Légende des photographies (fig. 162 à 167)

- Fig. 162. Pecho del Conejo. Versant méridional. « Pierre indienne » parfaitement concordante dans les dolomies grises du sommet de t_2 . Le marteau donne l'échelle.
- Fig. 163. Pecho del Conejo. Versant occidental. « Pierre indienne » et dolomie grise à l'entrée d'anciennes tranchées (au fond la Sierra Nevada). Noter la limite très nette et horizontale entre dolomie et niveau à fluorine
- Fig. 164. Cortijo de la Pena Negra. Fluorine noire et blanche (zone supportant la flèche (5 cm) indiquant le sommet du niveau) dans des dolomies grises (en bas, à gauche et en haut à droite);
- Fig. 165. Mine «El Florero». Versant oriental du sommet «Dos Hermanas». Fluorine blanche et noire concordante dans des dolomies en petits bancs à pendage subvertical. En bas, à droite, entrée d'anciens travaux miniers (la boussole donne l'échelle).
- Fig. 166. Détail de la fig. 4. Fluorine noire et blanche (« pierre indienne ») sur des dolomies grises à veines diagénétiques de dolomite blanche. Noter la brutalité du contact entre niveau dolomitique et niveau à fluorine. La pièce de monnaie donne l'échelle.
- Fig. 167. Détail de la disposition de la fluorine. Photographie prise à quelques décimètres de la fig. 165. La pointe du crayon est dirigée vers la base du niveau. La fluorine apparaît en gris foncé (lits et agrégats dispersés) et en blanc (les cristaux sont visibles) dans une dolomie gris-brun, siliceuse.



Fig. 162



Fig. 163

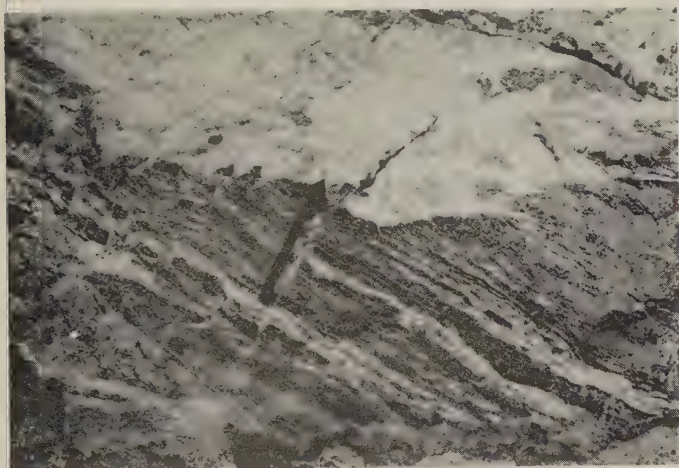


Fig. 164

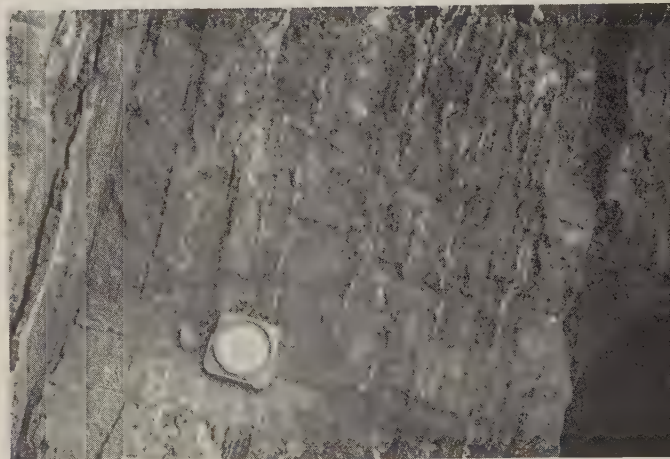


Fig. 165

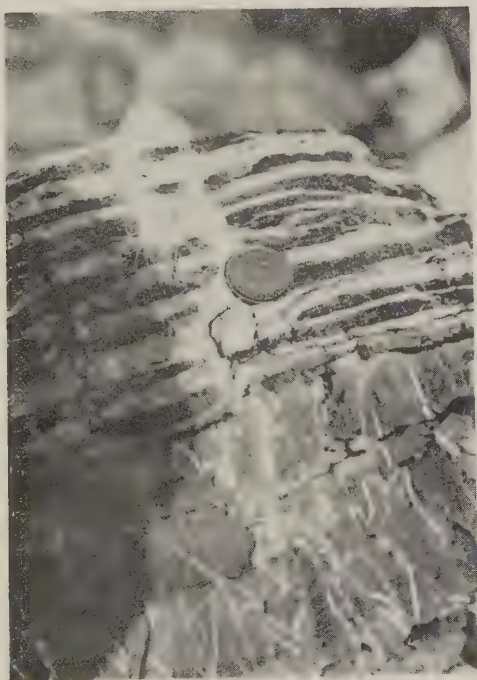
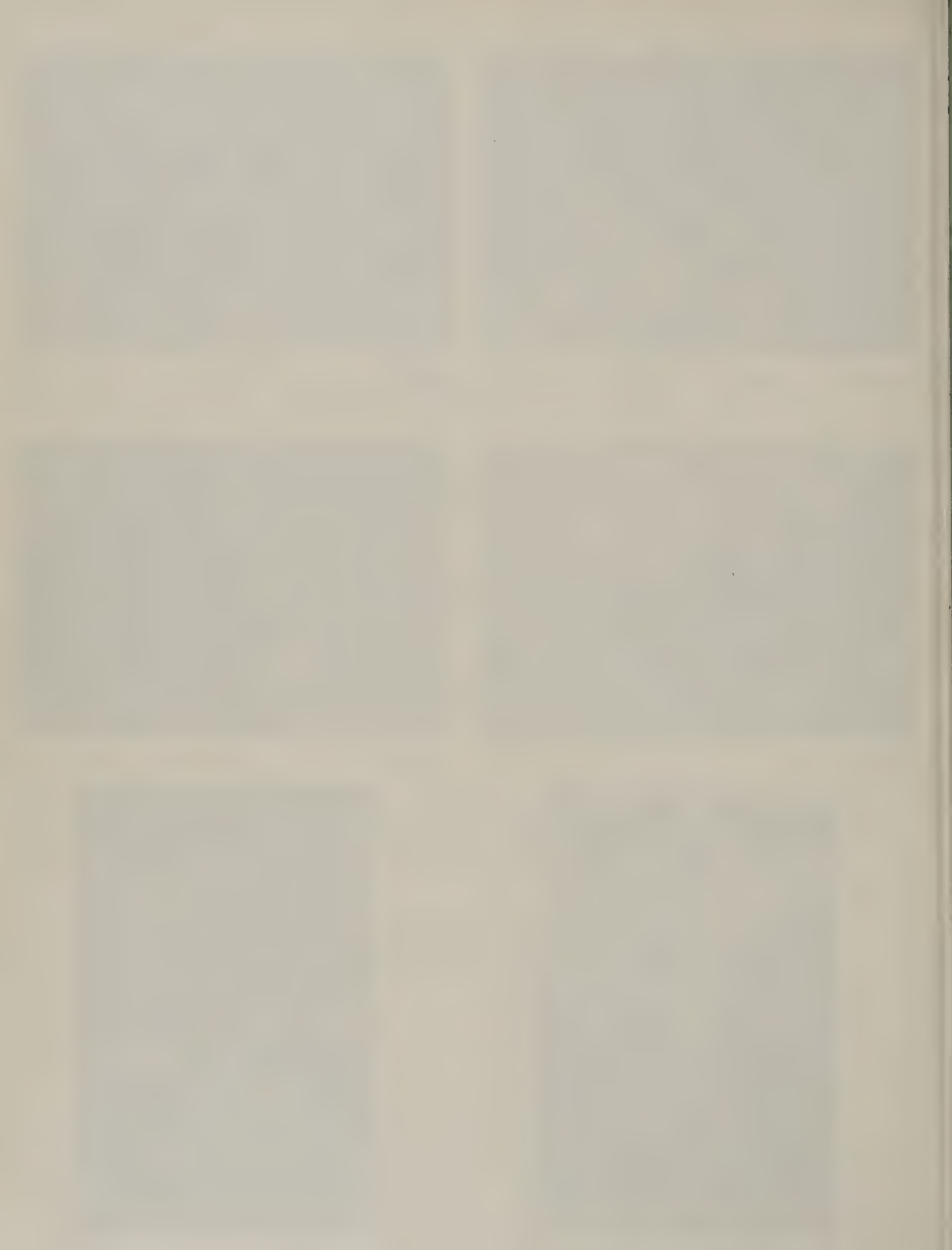


Fig. 166



Fig. 167



Dans le cadre d'une hypothèse syngénétique, il resterait à tenter d'expliquer la genèse des bandes noires et blanches. Par leur forme, ces bandes rappellent celles concordantes de la "franciscaine". Doit-on songer à des processus différents pour les roches à fluorine et pour les roches dolomitiques, générateurs de ces structures ? Peut-on envisager qu'un même phénomène contemporain du dépôt ou de la diagenèse a pu aboutir à la réalisation de figures identiques à partir de supports "minéralogiques" différents ? S'il en est ainsi, peut-on imaginer que, comme dans les dolomies varvées présentant des bandes régulières, le dépôt initial fut un dépôt de fluorine pure alternant avec de la fluorine impure ⁽¹⁾ ? ou bien faut-il l'attribuer à des recristallisations, suivant des joints, de croissance de cristaux purs se débarrassant de leur contenu en carbonate, silice et matière organique au profit des zones noires fétides ? Et quelle est la place de la galène dans ces processus ? L'abondance de la cérusite à proximité de la surface du sol tendrait à prouver que celle-ci ne représente qu'un produit secondaire et que la galène a cristallisé en même temps que la fluorine et dans ce cas est-elle contemporaine de la noire ou de la blanche ? Pour résoudre ces problèmes, il y aurait un immense travail analytique à réaliser sur les échantillons et à confronter avec les données expérimentales et des observations actuelles.

Des expériences (J. CADEK et M. MALKOVSKY, 1963 a et b), il faut retenir surtout que le transport du fluor dans des eaux marines normales est tout-à-fait possible, que la précipitation de fluorine en milieu saturé de fluor peut s'opérer "par une variation dans l'équilibre des carbonates qui augmente l'activité du calcium. Cette variation peut être due soit à une diminution de pH, soit à une augmentation de la pression de CO₂ en présence de la phase solide contenant du calcium" (extrait de H. LEROY, 1967, 2e thèse). Les affinités du fluor étant grandes pour les éléments Mg, Ca et Si, il devient assez facile d'imaginer un milieu de sédimentation où l'ensemble de ces éléments est présent mais où de très faibles variations "climatiques" favorisent tantôt la croissance de tel minéral, tantôt la croissance des autres. Les dépôts de "pierre indienne" pourraient ainsi correspondre à des épisodes où la sédimentation fluorée domine sur toutes les autres dans des zones déterminées dont il n'a malheureusement pas été possible de reconstituer la forme exacte sur le terrain mais que l'on pourra situer plus loin par rapport à l'environnement des autres minéralisations, plus riches en galène. Il faudra retenir que j'appellerai conventionnellement ce type de minéralisation à environnement simple type I et qu'à l'échelle de la série, puisqu'il se présente parfaitement concordant (G.C. AMSTUTZ, 1962) et dépourvu de critères en faveur d'un remplacement, je le considérerai comme un faciès particulier c'est-à-dire comme syngénétique au sens large.

(1) Dans le cadre d'une hypothèse où les précipitations auraient été rythmiques, comme celle que proposent G.C. AMSTUTZ et L. BUBENICEK (1967) pour des formations analogues des gisements du Mississippi. Ici au moins, il n'y a pas encore d'argument définitif en faveur d'une telle précipitation rythmique.

Relations possibles avec les autres dépôts

Si les variations "climatiques" locales sont liées à des courants même très faibles, susceptibles de transporter des germes cristallins de l'un ou des autres, on aboutira facilement à la constitution de roches intermédiaires entre les pôles siliceux, à fluorine et dolomitique. Ainsi, à un niveau donné, on pourra avoir dépôt de dolomite, de fluorine, de silice dans trois domaines voisins avec les passages latéraux de composition intermédiaire ou bien, dans le temps, superposition de niveaux dolomitiques, à fluorine ou siliceux. Si l'on imagine ensuite que des modifications dans l'orientation des courants et la morphologie du fond peuvent intervenir, il sera facile de concevoir des remaniements de boues et la formation des mélanges. Un bassin de sédimentation étant un milieu essentiellement mouvant, il est normal que finalement on trouve plus souvent le mélange de ces trois dépôts plutôt que chaque dépôt bien individualisé. Si ceux-ci sont nés dans des zones temporairement émergées (zone supratidale), ce sont les invasions périodiques de la mer qui pourraient être responsables des brassages de sédiments originellement séparés. Ces hypothèses vont trouver leur illustration dans la zone de la Estrella.

4 — LA ZONE DE LA ESTRELLA

4. 1. Présentation générale de la zone.

La carte géologique du Pic de la Estrella et de ses abords est donnée par la planche XXI et sa structure explicitée par les figures 168 a et b sur lesquelles on reconnaît un synclinal oriental relativement simple bordé à l'W par un anticlinal à axe plié en S et un synclinal également tordu chevauché du N au S par les flancs déversés de l'anticlinal.

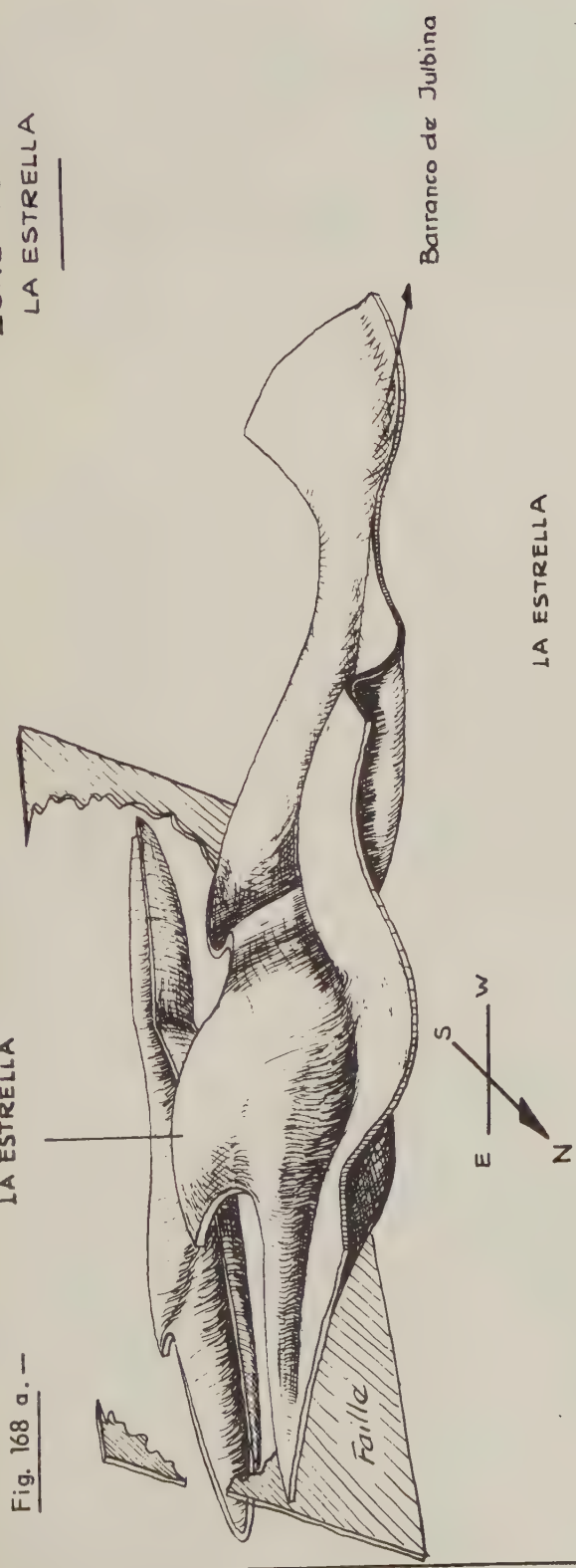
Les minéralisations en plomb, fluor et zinc accessoire sont localisées à la partie supérieure des faciès t_{2b} (Pl. XXI et XXII). Des détails sur cette localisation sont fournis par les coupes relevées dans les principales galeries de la mine (fig. 169 a et b ; 170 et 171 a, b et c).

Parmi les coupes (1 à 36) de la Pl. XXII relevées en surface et dans la mine, l'une d'entre elles, la coupe n° 27 (Pl. XXII) dont une expression très simplifiée porte le n° 9 sur la planche XVII du Tome I, va permettre de décrire et de situer les uns par rapport aux autres les faciès types de cette zone, minéralisés ou non et d'aborder le problème de la genèse des brèches locales et de la "franciscaïne".

Finalement, une interprétation générale de la zone sera proposée.

ZONE DU PIC DE
LA ESTRELLA

LA ESTRELLA



LA ESTRELLA

Schématisation en perspective
de la structure plissée locale (vue
sous deux angles différents). La tec-
tonique cassante a été simplifiée : on a
conservé que la faille bordière du syn-
clinal oriental.

La lame imaginaire ployée re-
présente en gros la limite entre les
ensembles t_2 et t_3 .



Fig. 168 b. -

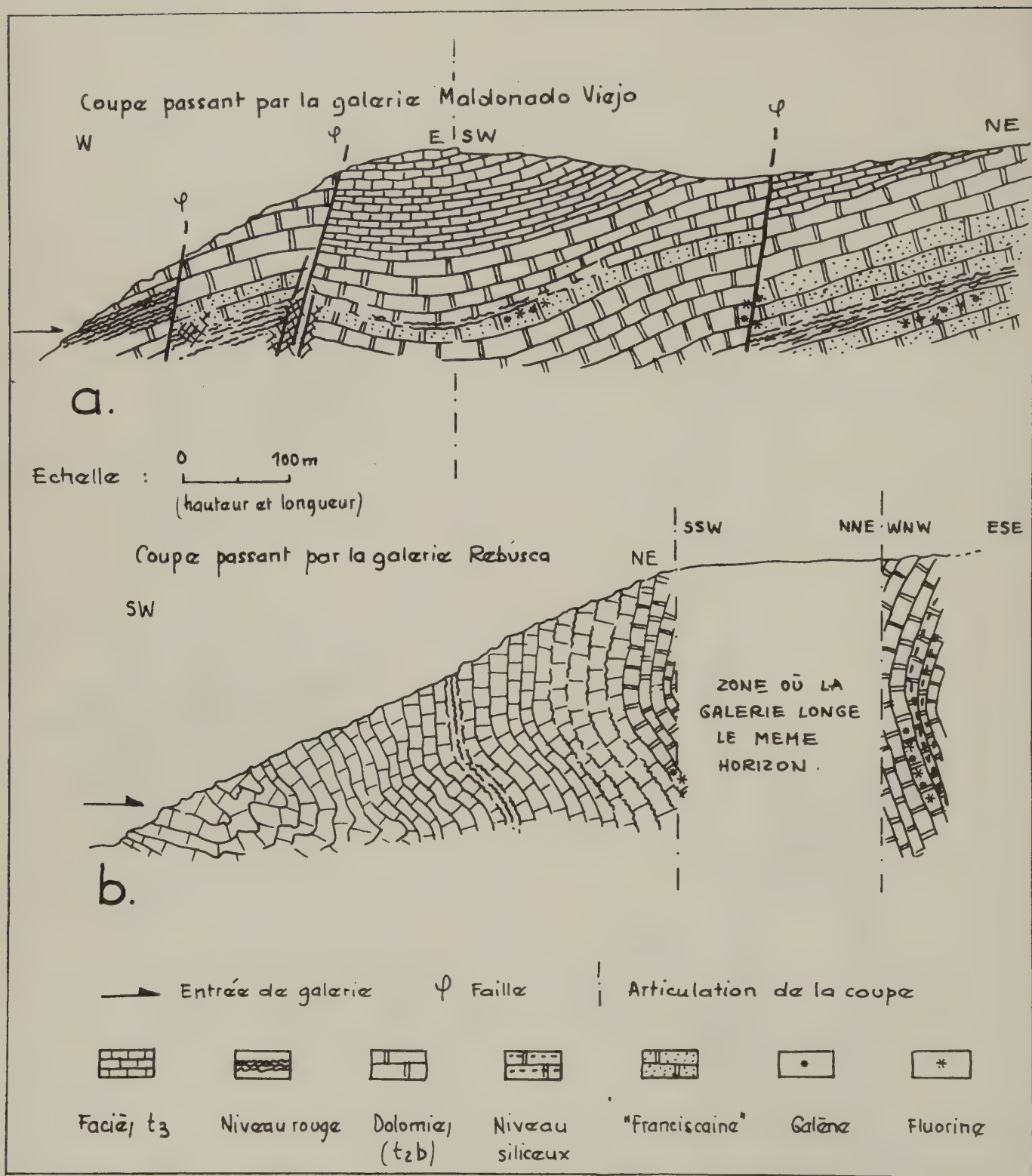


Fig. 169. — Zone de la Estrella. Coupes passant par les galeries.

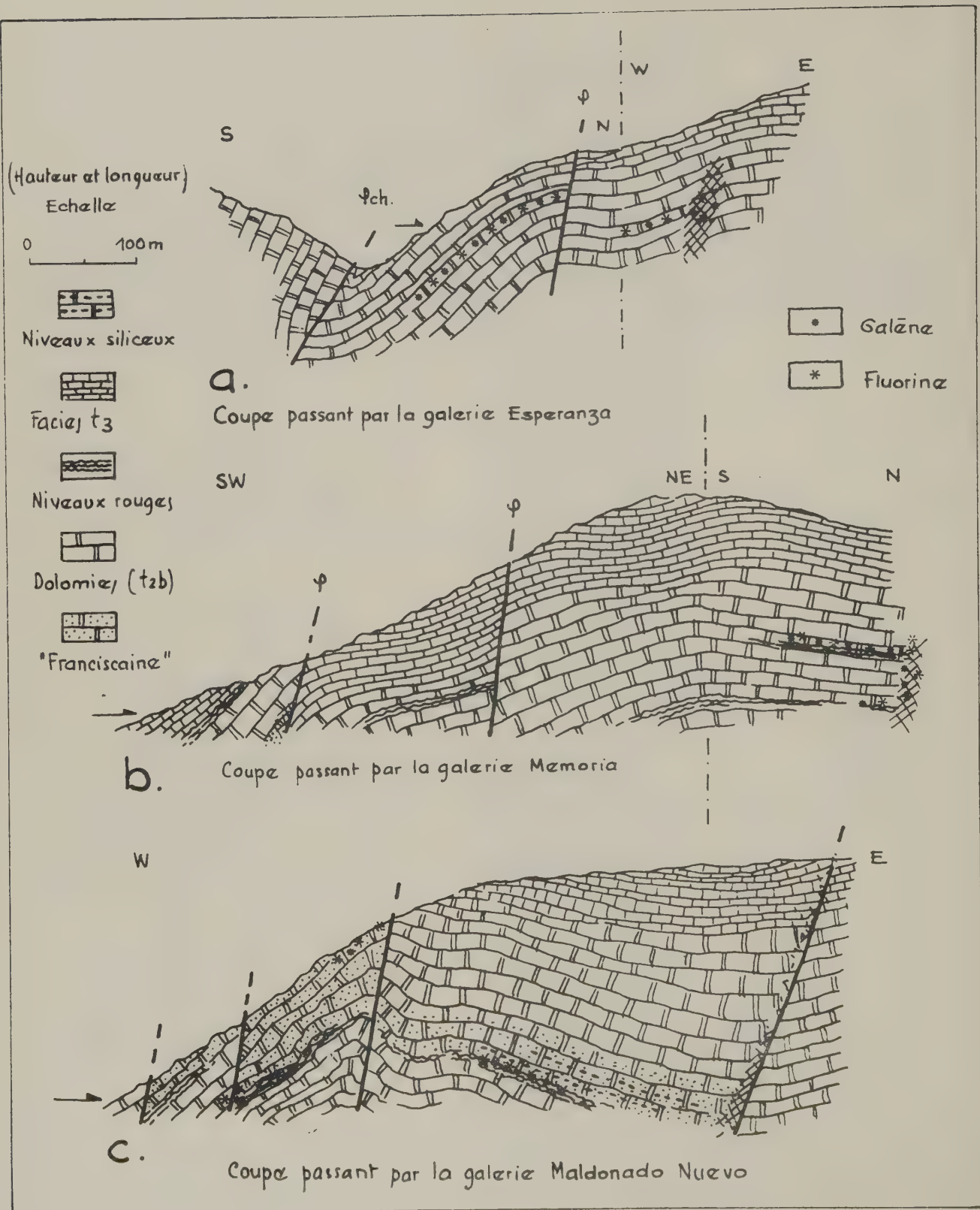


Fig. 171.- Zone de la Estrella. Coupes passant par les galeries.

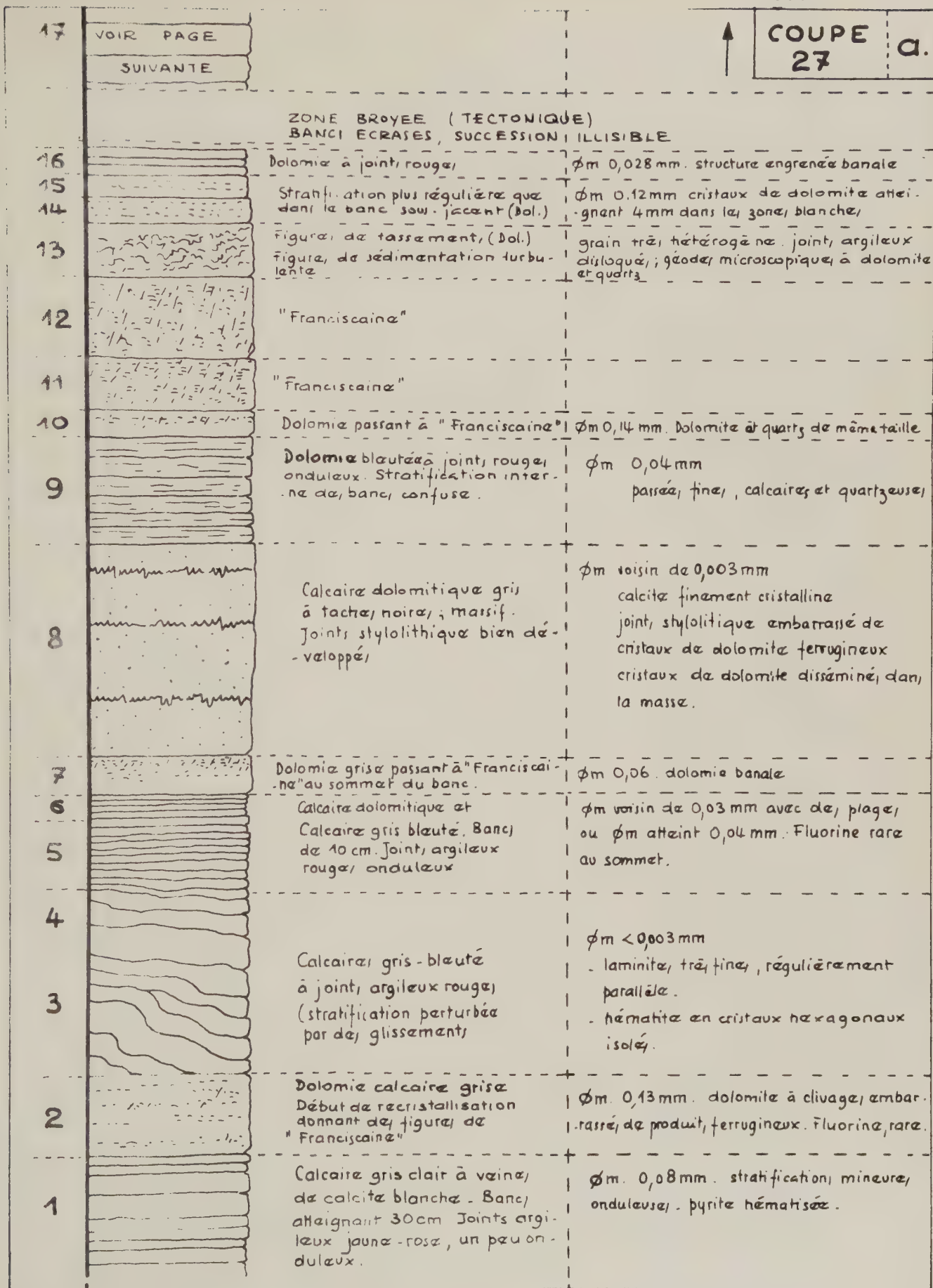


Fig. 172 a à h. — Coupe au 1/200 e relevée sur le versant NW du Pic de la Estrella, le long de la route des exploitations minières.



COUPE
27

b.

27

VOIR PAGE
SUIVANTE

26

Dol / Calc ondulée à joint, rouge, ϕ m 0,05 mm. structure engrenée.

25

Dolomie avec passées de
"Franciscaine"

24

Dolomie calcaire

ϕ m 0,64 mm. argileuse, siliceuse

23

Dolomie calcaire grise à joint,
rouge. Légère recristallisation.

grain hétérogène. plages sombre ϕ m 0,1 mm
cristaux dolomitiques, souvent ferrugineux

22

Calcaire argileux, noduleux
Calcaire gny.

Discordance mineure
 ϕ m < 0,003 mm
coquilles recristallisées
"filaments"

21

Retour à stratification
plage au sommet.
Bancs de 0,05 m à la base
à 0,2 m au sommet
Calcaires.

ϕ m voisin de 0,003 mm
entrouvés?

20

Calcaire noduleux à
joint, rouge.

19

Calcaire plus ou moins argileux
et siliceux. Stratification ma-
jeure et mineure ondulée.

18

Bancs dolomitiques de
0,1 à 1 m.

Dolomie : ϕ m 0,68 mm
quartz rare, engrené,

Joint de calcaire argileux
rouge, ondulé.

Calcaire : ϕ m < 0,003 mm

Dernier banc : partie supé-
rieure à faciès "Francis-
caine".

rare, cristaux de dolomite
et restes de coquille, recristallisés.

17

Dolomie grise, bleutée
à stratification primaire
confuse sur laquelle se
greffent des recristallisa-
tions secondaires, engen-
drant un faciès "Francis-
caine" flou.

ϕ m des zones noires : 0,056 mm
zone blanche, à cristaux de dolomite
dépassant 2 mm.

Bancs de 0,1 à 1,5 m.

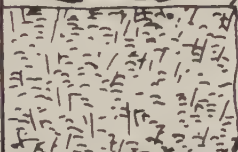
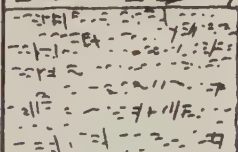
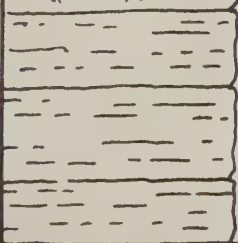
Joint argileux rouge, on-
dulé.

zone noire : structure engrenée réguliè-
re avec rare, cristaux de quartz

zone blanche : dolomite

zone beige : dolomite ferrugineuse

ZONE BROYÉE

35	SUITE PAGE SUIVANTE		↑	COUPE 27	C.
34		Gros banc dolomitique gris foncé.	ø m voisin de 0,003 mm. quartz très rare dans le joint, mineurs		
33		Dolomite à faciès, "Franciscaine" du type bréchique. Element, de dolomite noire ou de "Franciscaine"; ciment dolomitique blanc.			
32		Dolomite à faciès, "Franciscaine" finement rayé.			
31		Dolomite à faciès, "Franciscaine" grossier			
30		Dolomite à faciès, "Franciscaine" du type bréchique Ciment dolomitique blanc Element, dolomitique, noir,			
29		Dolomite à faciès, "Franciscaine" du type à large bande, blanche, et noire,			
28		Dolomite à faciès, "Franciscaine"	zone, blanche, ø m 0,5 mm dolomite à zonation, ferrugineuse, zone, noire, ø m 0,008 mm. quartz rare		
27		Calcaire dolomitique à joint, argileux et passée, argileuse, discontinue,	ø m 0,05 mm joint, argileux et siliceux ferrugineux		

46

SUITE PAGE
SUIVANTE

Dolomie grise, foncée,
à fluorine.

HALDES

45



HALDES

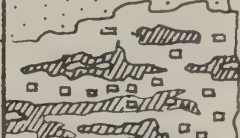
Dolomie noire à accident,
siliceux et rare, veine,
de fluorine.

zone, blanche, ϕ m 0,46 mm

zone, noire, ϕ m 0,13 mm

accident, siliceux à cristaux de do-
lomite automorphe.

44



Dolomie grise ou brunâtre, très
siliceuse, poreuse, à galène et
fluorine. Géoche, de calcite

Quartz à tendance automorphe en quan-
tité égale à dolomite et fluorine (en
cristaux isolés, atteignant 0,5 mm d'arête).
 ϕ m 0,09 mm pour la dolomite

43



Dolomie grise, joint, rouge onduleux

ϕ m 0,1 mm. Entroques, Coquilles, de Gastrop. et Lamel.

42



Dolomie à joint, irrégulier,
rouge, veine, et géoche de calcite

ϕ m 0,07 mm. veine, diagenétique,
à dolomite et quartz recristallisé.

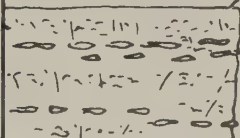
41



Dolomie grise, massive,
à accident, siliceux allongé,
suivant la stratification.

ϕ m dolomite : 0,08 mm. Dolomite
en cristaux dans le quartz (0,02 à 0,1 mm)
automorphe.

40

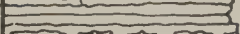


Dolomie noire à passée, de
"Franciscaine" et accident,
siliceux.

Dans la, accident, siliceux, aucun phé-
nomène de recristallisation.

Dolomie à grain très, hétérogène et quel-
ques cristaux de quartz.

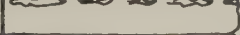
39



Dolomie noire à joint, rouge,

Siliceux.

38



Dolomie noire à accident, siliceux

ϕ m 0,08 mm identique pour dol. et quartz

37



Dolomie calcaire noire à acci-
dent, siliceux

ϕ m dolomite 0,9 mm.
 ϕ m quartz 0,007 mm. Rhomboédre, de
dolomite dans quartz renfermant du quartz

36



Dolomie calcaire et siliceuse
à joint, rouge, plus ou moins ondu-
leux.

ϕ m 0,82 mm

35



Dolomie à faciès,
"Franciscaine"
et bréchique

			↑	COUPE 27	e.
65					
64		Calcaire en plaquette,			
63		Calcaire feuilleté			
62		Calcaire		Øm 0,003mm pyrite oxydée.	
61		Calcaire siliceux		figures de glissement.	
60		Calcaire argileux et siliceux		0,016mm quartz automorphe.	
59		Dolomie calcaire et siliceuse brune		Øm 0,004 quartz	
58		Argile, rouge		Øm 0,003mm - argile, dans le joint,	
57		Dolomie calcaire grise ou jaune à mouche, de galène		structure très hétérogène.	
56		Petit, banc de dolomie calcaire et siliceuse à joint, rouge.		Joint, calcaire, siliceux, ferrugineux.	
55		Dolomie calcaire avec passer, de "franciscaine" oblique,		zones blanches Øm 0,24mm	
54		Calcaire dolomitique à joint ondulé à la base		zones noires, Øm 0,11mm quartz	
53		Calcaire siliceux à joint, rouge		Øm 0,006mm - calcite microgrenue et en grand, cristaux. quartz engrené.	
52		Dolomie calcaire et siliceuse grise ou brune, poreuse		stratifications internes complexes	
51		Dolomie grise, siliceuse, à fluorine; joint, argileux jaune, (un peu de calcite)		Øm 0,2mm quartz à tendance automorphe, renfermant des inclusions de carbonates. Fluorine en veinule,	
50	HALDES	Brèche: élément, de dolomie noire et ciment de fluorine blanchâtre		Øm 0,03mm quartz	
49	HALDES	Dolomie grise, massive, siliceuse. (un peu de calcite)		taille de grains très hétérogène. grand, cristaux zones. quartz	
48	HALDES	Dolomie noire à facies "Franciscaine et bréchique au sommet, à accident, siliceux, à fluorine		zones noires, cristaux de 1,2 à 1,5mm zones noires, Øm 0,12mm dolomite, zones, fréquente. Fluorine associée aux plages, blanches. Un peu de quartz disséminé. Fluorine en filonnet, dans dolomie grise.	
47	HALDES	Brèche: élément, de dolomie noire cimenté, par de la fluorine blanchâtre			
46	HALDES				

75	SUITE PAGE SUIVANTE			COUPE 27	p. f.
74		Dolomie en plaquette,	ϕ_m 0,001 coquilles d'astracodes?		
73		Calcaire	cp. cristaux isolés, de sidérose. quartz authigène. Radiolite, d'Echinoderme.		
72		Calc. en plaquette, et calc.	Pyrite oxydée. Quartz. argile,		
71		Dolomie noire à joint, rouge,			
70		Calcaire, et calcaire, en plaquette,	Calcaire à grain fin. Localement : laminite, granoclassée, (quartz anguleux, débris, organique, à la base). Traces de glissement. Microstratification, entrecroisée. Joint, argileux Lagenidés		
69		Calcaire en gros et petits bancs,	$\phi_m < 0,003$ mm Traces de glissement. joint, argileux.		
68		Calcaire noduleux rose	hématite. quartz authigène. argile,		
67		Dolomie calcaire noire, siliceuse, massive	quartz authigène, carbonate, zoné, produit ferrugineux disséminé, dans la masse. Débris, organique, non identifiable.		
66		Calcaire dolomitique massif.	ϕ_m 0,06 mm		
65		Calcaire	ϕ 0,008 mm argile et quartz rare débris de coquille, (Lamellibranché, et Gastropode.)		

SUIVE PAGE SUIVANTE		COUPE 27 g.	
83			
82			
81			
80			
79			
78			
77			
76			

Dolomie calcaire
en gros bancs massifs

ϕ 0,2 mm
structure hétérogène
début de recristallisation du
type "franciscaine".

Calcaire, dolomitique,
noir, et argile, rouge,

ϕ m 0,05 - 0,04 mm
hématite dans les joints

Calcaire, à joint, rouge,
et dolomie au sommet.

Dolomie poreuse ϕ m 0,2 mm

Calcaire, en plaquette,
onduleuse, à joint, rouge.

ϕ m < 0,003 mm
homogène, sans stratifications
mineures.

Calcaire, noir, à
joint, rouge. Bancs d'é-
paisseur variable.

ϕ m < 0,003 mm
Lagenidé, abondant,

Calcaire, siliceux
à joint, rouge,
onduleux

ϕ < 0,003 mm
coquille, recristallisée,
stratification, entrecroisée,
laminite riche en hématite (rouge).

Calcaire, gris foncé
et calcaire en plaquette,
onduleux

ϕ m 0,003 mm
hématite abondante dans les joints,
microstratification, entrecroisée,
coquille, recristallisée.

COUPE
27

h.

* L'épaisseur de la coupe mesure 293 m.
Elle a été relevée le long de la
route de, mine, de la Estrella, dans
la tête de l'anticlinal située au- des-
sus de l'entrée de la galerie Rebusca

Echelle 1/200^e

Réparage
des bancs
et groupes
de bancs

Figuré

Observations sur le terrain
tenant compte des résultats, de,
test à l'HCl dilué et à l'Alizarine

Détails complémentaires,
observés, en lame mince

ZONE BROYÉE (TECTONIQUE)

FIN DE LA COUPE DEPOURVUE DE DISCONTINUITÉ TECTONIQUE

89

Calcaire à grain fin, gris-
rose, en petit, banc,

88

Calcaire, et argile, jaune-orangé

87

Dolomie,
calcaire, et
siliceuses

Argile, jaune,

Argile, grise,

86

Dolomie, grise,

85

Dolomie calcaire à
niveaux siliceux continus
et discontinus.

84

Dolomie, grise, et marne,
jaune,

$\phi < 0,003 \text{ mm}$ et amas de calcite
grossière avec quartz. traces de bulle de gaz?

4. 2. Description d'une coupe (coupe 27, pl. XXII et fig. 172 a à h).

Cette coupe a été relevée au N de l'anticlinal de la Estrella, le long de la route qui accède au sommet de ce relief. Elle présente l'avantage d'offrir une puissante succession de faciès et d'être dépourvue, dans la partie décrite ici, de discontinuité tectonique.

Un balayage rapide de cette coupe, de bas en haut, familiarisera le lecteur avec les principaux faciès locaux :

- du niveau 1 au niveau 18, on traverse des dolomies grises, homogènes ou à recristallisations blanches, séparées par des horizons calcaires à stratification parfois perturbée par des glissements ;
- du niveau 18 au niveau 24, affleurent des horizons calcaires ou calcaires argileux souvent rouges ;
- du niveau 25 au niveau 28, la sédimentation est à nouveau dolomitique ;
- du niveau 29 au niveau 35, on traverse des brèches renfermant des éléments dolomitiques ou des éléments de "franciscaine" puis,
- les niveaux 36 à 42 sont à nouveau des dolomies sombres, massives, parfois siliceuses ;
- le niveau 43 est une dolomie riche en coquilles ;
- les niveaux 44 à 53 sont des dolomies massives ou bréchiques surtout, renfermant de la galène et de la fluorine ;
- le niveau 54, calcaire, légèrement discordant sur les dolomies, est surmonté par d'autres dolomies à faciès "franciscaine" ;
- dans les niveaux 57 à 59, minéralisés en galène, des discordances mineures apparaissent encore ;
- à partir du niveau 60, la coupe traverse des niveaux peu épais, constitués surtout par des calcaires et des calcaires marneux dans lesquels apparaissent quelques rares récurrences dolomitiques parfois siliceuses (niveau 85).

Sur cette coupe, je situe la limite t_{2b}/t_3 entre les horizons 59 et 60.

Le "balayage" de cette coupe a permis de situer les principaux faciès qui vont être décrits maintenant plus en détail et interprétés.

4. 3. Description détaillée des faciès de la coupe 27.

4. 3. 1. Les calcaires.

Hormis les calcaires onduleux ou noduleux, les autres ne présentent guère de particularités intéressantes. A leur propos, il faut noter seulement qu'ils renferment beaucoup plus souvent que les dolomies des débris de coquilles microscopiques ; qu'ils sont souvent argileux, quelquefois pyriteux et siliceux et qu'ils peuvent renfermer des agrégats dolomitiques. Ceux-ci pourraient provenir du remaniement de dolomies voisines plutôt que d'une dolomitisation "in situ" étant donné leur répartition fréquente le long de laminites déterminées (c'est le cas en particulier au sommet du niveau 21 où ces laminites ravinent les dépôts calcaires antérieurs). De plus, leur teinte est beaucoup plus variée que celle des dolomies : ils peuvent être gris, gris-bleuté, blanchâtres, jaunes, orangés, rouges.

4. 3. 2. Les calcaires ou calcaires dolomitiques noduleux, argileux, rouges.

Sur la coupe 27 (Pl. XXII), plusieurs niveaux de calcaires ou de calcaires dolomitiques gris-roses séparés par des niveaux rouges très riches en argiles présentent des structures noduleuses ou onduleuses pouvant passer latéralement à des alternances plus ou moins régulièrement parallèles. A l'échelle de la zone entière, ces horizons ne sont pas continus et montrent de nombreuses terminaisons en biseaux, inscrivant ainsi des discordances mineures dans la série carbonatée.

L'étude de l'évolution latérale (fig. 173) de plusieurs d'entre eux a montré que le passage des alternances régulières aux calcaires noduleux pouvait s'opérer rapidement (quelque centaines de mètres).

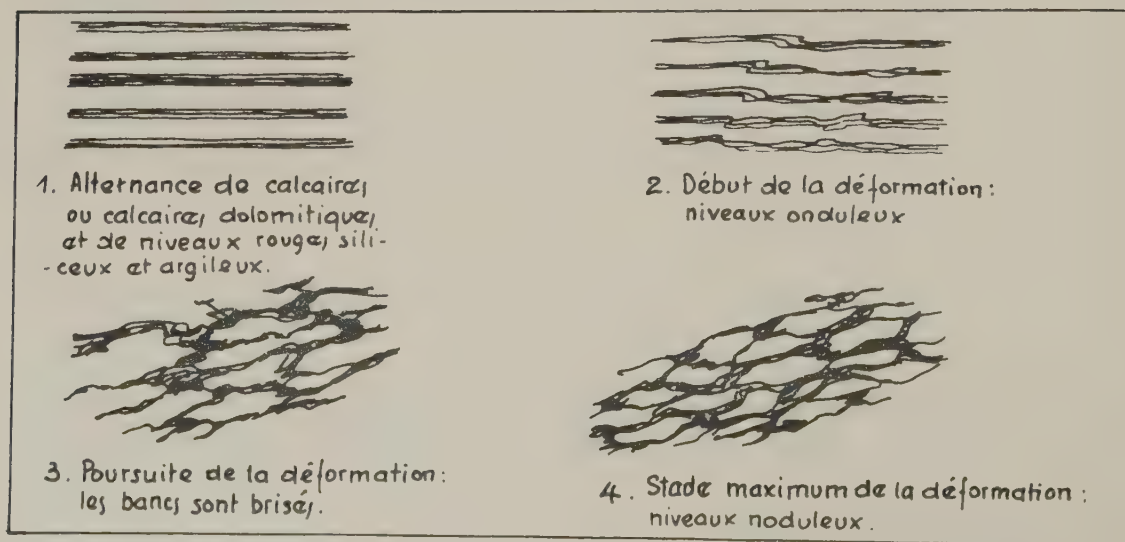


Fig. 173. — Différents stades de déformation dans les niveaux rouges de t_{2b} (coupes).

Ces horizons sont toujours présents sous et dans les masses dolomitiques affectées par la transformation en "franciscaine" (fig. 172 et 176).

L'examen en lames minces des calcaires noduleux montre qu'il s'agit de roches à grain toujours très fin (diamètre moyen des grains voisin ou inférieur à 0,003 mm), homogènes, séparées par des lits argileux, siliceux, riches en hématite. Ils renferment parfois des débris de coquilles microscopiques. Dans les zones boudinées, les bancs calcaires sont tronçonnés par étirement et des recristallisations de calcite, orientées et onduleuses, apparaissent sur les bords des fragments tandis que les lits argileux se froissent, pénètrent dans les irrégularités du calcaire. A un stade plus poussé des déformations, les fragments de bancs calcaires prennent souvent un aspect allongé en fuseaux irréguliers dont les grands axes sont parallèles (fig. 173 et 177).

J'avais songé (J.P. JACQUIN, 1966) à des reprises de Trias inférieur pour expliquer l'abondance de fer oxydé associé à ces dépôts. Cette interprétation me paraît devoir être maintenant rejetée au profit d'une hypothèse que m'a suggérée une conversation avec M. A. BERNARD : à l'époque où se constituent ces dépôts dans le bassin alpujarride, se mettent en place dans les Néva-do-Filabrides des concentrations ferrugineuses continentales. A la faveur de fortes pluies sur ce domaine (saisonnières ?), une partie du fer a pu être redistribuée périodiquement dans le bassin voisin d'une manière analogue aux phénomènes observables actuellement : sous climat méditerranéen, par exemple, les rivières drainent des quantités considérables de cet élément chaque fois qu'elles sont en crue, pour aller les déverser dans les bassins voisins.

J'ai interprété ces horizons comme des niveaux tronçonnés, localement noduleux, nés au cours du glissement ayant affecté les masses dolomitiques surincombantes et qu'ils auraient pu favoriser (J.P. JACQUIN, 1966). Leur aspect sur le terrain évoque parfois les calcaires "griottes" du Dévonien des Pyrénées. Les déformations sous tension et pression observées en leur sein, proches du boudinage (C.E. WEGMANN, 1932) ne permettent pas de leur attribuer une origine précoce (contemporaine du dépôt) et ainsi de les considérer comme des brèches intraformationnelles ou exactement comme les "griottes sensu stricto" décrits par A. OVTRACHT et L. FOURNIE (1956) dont ils considèrent la structure comme le produit de "tassements gravifiques presque contemporains de leur dépôt". Quant au contexte paléogéographique de ces faciès, il pourrait être rapproché aussi de celui des "griottes" que R. MIROUSE (1966) voit naître au voisinage de hauts-fonds ou de surfaces émergées en période de régression. (ici, plutôt que de régression, il vaudrait mieux parler de période de sédimentation ralentie — voir l'origine probable de la plupart des dolomies).

4. 3. 3. Les dolomies grises ou noires.

D'apparence massive, homogène ou en bancs montrant des stratifications internes complexes (ravinements, stratifications confuses) ou simples (varvées), ces dolomies dont la taille des grains varie de 0,003 mm à 1 mm (et exceptionnellement plus) paraissent homogènes en lumière transmise. Si on les étudie en lumière oblique, réfléchiée sur un fond blanc dépoli, (méthode préconisée par C. HOUAREAU, 1967) on s'aperçoit alors qu'elles peuvent être réparties en deux catégories : les dolomies à grain très fin, homogènes, sans stratifications ni structures internes apparentes, rares, et les dolomies "cristallines" (diamètre des grains supérieur à 0,003 mm), les plus fréquentes, montrant parfois diverses structures annulaires ou lamellaires, débris ramifiés, exceptionnellement même des microfilonnets clastiques et des fantômes d'oolites et des pellets bien arrondis (s'agit-il d'anciennes calcarénites ou de véritables dolarénites ?)

Faut-il admettre que les dolomies à grain très fin, homogènes (G.M. FRIEDMAN et J.E. SANDERS, 1967) représentent des dolomies de précipitation directe ou des dolomies résédimentées tandis que les autres ne représenteraient que des dolomies diagénétiques précoces ? On sait que l'existence de dolomies de précipitation directe est de plus en plus controversée (voir les références et les discussions à ce sujet dans A. MICHARD, 1969) mais, le distingué est bien subtil entre précipitation directe et diagenèse précoce et pourquoi dans un milieu favorable, ne pourrait-il pas y avoir cristallisation directe de dolomite en même temps que remplacement de calcite ou d'aragonite. Étant donné les buts poursuivis ici, on peut se contenter de comparer ces roches aux dolomies actuelles pour tenter d'éclairer leur genèse.

Ces dolomies à structure interne complexe rappellent celles des croûtes décrites par E.A. SHINN et al. (1965) dans les zones supratidales, tournées vers le continent, des Bahamas ou celles observées par L.V. ILLING et al. (1965) dans les sebkhas qui bordent le Golfe persique, l'abondance de gypse mise à part pour ces dernières. Peut-on imaginer que les dolomies du Trias local sont nées dans des conditions semblables : zone supratidale dans des conditions climatiques relativement chaudes ? Cela paraît plausible surtout si l'on tient compte de la position possible de la Meseta ibérique par rapport à l'équateur à l'aurore des temps mésozoïques (J.D.A. ZIJDERVELD, 1964 ; R. VAN DER VOO, 1969).

4. 3. 4. Les accidents siliceux.

Dans les calcaires et les dolomies, la silice (quartz microcristallin ou quartz bien cristallisé, toujours engrené) est omniprésente. La dimension des cristaux de quartz suit à peu près la taille des cristaux de calcite ou de dolomite. Sauf dans quelques cas bien particuliers (remaniements), je n'ai trouvé nulle part de niveaux où le quartz présentait des figures d'usure, ce qui incite à penser qu'il est ici authigène. Ce quartz peut apparaître en quantité importante dans certains

bancs dolomitiques sous forme de niveaux continus ou discontinus (lentilles ou ovoïdes) se disposant sur de très grandes surfaces ; cette extension horizontale a permis de les utiliser comme repères pour l'analyse des structures tectoniques locales (fig. 96 et pl. XXI).

Les accidents siliceux des dolomies sont soit blanchâtres, soit brunâtres (riches en produits ferrugineux) et sont constitués par du quartz très finement cristallisé (cristaux de 0,001 mm) englobant très souvent des cristaux automorphes de dolomite (rhomboédres de 0,02 à 0,1 mm) isolés ou rassemblés en nuages. Exceptionnellement, j'ai pu observer des cristaux de quartz atteignant 1 mm dans ces accidents.

L'extension géographique de ces niveaux siliceux au sommet de l'ensemble t₂ et à la base de t₃ pose des problèmes : d'où provient cette abondance momentanée de silice dans le bassin triasique ? ... Est-elle en liaison avec un épisode climatique particulier sur le continent fournisseur ? avec un changement dans la provenance des apports ? ... pourrait-il s'agir de silice volcano-sédimentaire ? ... Cette dernière hypothèse semble devoir être rejetée puisqu'on ne connaît aucune manifestation volcanique acide dans le domaine interne, à cette époque, qui aurait pu en fournir autant.

Seules, quelques précisions peuvent être données sur leur mise en place. Ils ne renferment aucun fantôme de structure organique ou de structure calcaire ou dolomitique préexistante : il ne s'agit donc ni de silice d'origine organique ni de silex au sens de A. VATAN (1967) mais de silex à quartz microcristallin (silex simples) aux dépôts dolomitiques encaissants puisqu'ils renferment eux-mêmes des rhomboédres de dolomites et que ces rhomboédres peuvent présenter des inclusions de quartz. Il s'agirait donc de dépôts siliceux précoces, qui pourraient être comparés à ceux, actuels, décrits par M.N.A. PETERSON et C.C. VON DER BORCH (1965) dans le S.E. australien. Cette comparaison semble d'autant plus heureuse que les dolomies encaissantes observées en lumière réfléchie, oblique, montrent presque toujours des empilements lamellaires assez régulièrement espacés qui pourraient traduire des activités algaires. Ces lits, lentilles ou ovoïdes, présentent de plus la particularité de n'avoir pas participé aux processus complexes ayant affecté secondairement les dolomies : ils restent intacts dans les faciès bréchiques ou dans la "franciscaine".

4. 3. 5. Les dolomies noires siliceuses à fluorine et galène.

Ces dolomies noires ou brunâtres donnent des horizons massifs (niveau 44, fig. 172 d), interstratifiées dans des dolomies banales, ou bien elles existent en éléments dans les brèches.

Elles sont généralement très fétides, parfois friables, et renferment une proportion à peu près égale de dolomite, de fluorine et de quartz, la galène étant moins abondante. Les trois premiers constituants s'y présentent en cristaux tous à peu près de la même taille (grain de diamètre compris entre 0,2 et 0,3 mm). La fluorine y montre une forte tendance à réaliser la forme cubique (fig. 174 et 175) et le quartz, plus rarement, prend une forme en prisme bipyramidé (phénomène fréquent dans l'ensemble des dolomies t2b). La dolomite et la galène ne présentent guère de contours cristallins parfaitement réalisés. Accessoirement, on trouve parfois de la cérusite autour des amas de galène.

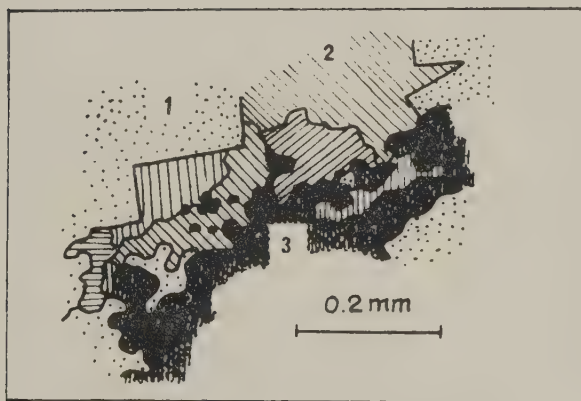


Fig. 174. — Rapports entre galène, fluorine et dolomite dans une dolomie siliceuse à grain fin, fétide, noire.

1. Fluorine ; 2. Dolomite ; 3. Galène
(D'après une lame mince).

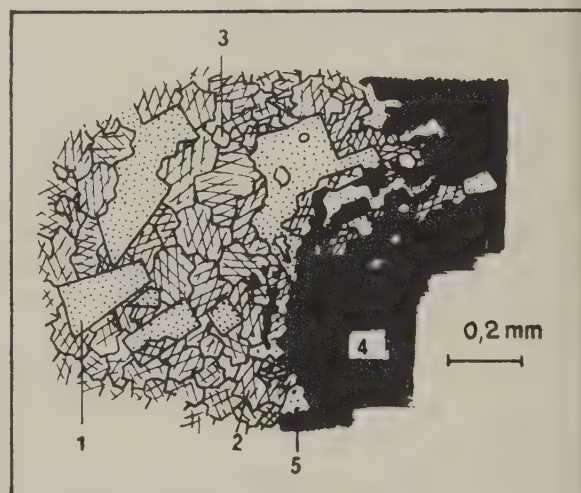


Fig. 175. — Dolomie finement cristalline à quartz, fluorine et galène (coupe de la route de la Estrella)

1. Fluorine ; 2. Dolomite ; 3. Quartz ; 4. Galène ;
5. Cérusite (rare, au contact de la galène).
Relations entre les constituants de la roche.
(D'après une lame mince).

Dans l'ensemble, la structure générale apparaît comme une structure engrenée, banale, où j'ai recherché, mais en vain, des figures prouvant l'existence de phénomènes de remplacement. Il semble raisonnable de penser que l'on a ici une structure à "limites mutuelles" (E. S. BASTIN, 1950 ; A. B. EDWARDS, 1954 et P. RCUTHIER, 1963) dans laquelle on peut tout juste reconnaître un assemblage de cristaux imparfaits qui semblent avoir grandi tous en même temps.

Cette structure engrenée, banale, très régulière dans certains niveaux, peut disparaître dans d'autres présentant la même composition minéralogique mais où la dynamique du dépôt a laissé des traces. C'est le cas dans des niveaux noirs

où l'on retrouve des fragments de dolomie granoclassés présentant la structure et la composition qui viennent d'être décrites, emballés dans un ciment dolomitique et siliceux plus fin. Ces horizons semblent provenir du remaniement d'un sédiment relativement frais. Lorsque la galène y est abondante, elle peut s'y trouver en morceaux isolés, entourés d'une auréole de cérusite atteignant le millimètre et se place en abondance à la base des unités de dépôt granoclassées.

Certaines dolomies stratifiées très fétides, noires, pauvres en fluorine mais riches en cristaux de galène et contenant environ 10 % de silice présentent des particularités dignes d'intérêt. La galène y montre souvent de belles cristallisations en cubo-octaèdres atteignant le demi centimètre cube, englobant des rhomboèdres de dolomite. La silice s'y présente en lame mince, sous forme d'agrégats bien cristallisés (diamètre voisin de 0,5 mm) toujours fibro-radiés. La dolomite y est, elle aussi, bien cristallisée (cristaux engrenés de 0,2 à 0,5 mm de diamètre) plus ou moins souillée d'impuretés noires (matières organiques ?). L'examen en lumière oblique réfléchie fait disparaître la structure cristalline de la partie dolomitique de la roche et révèle des formes en agrégats, en filaments ramifiés dessinées par les impuretés noires ; certaines de ces formes ne paraissent attribuables qu'à des structures d'origine organique végétale, les autres pourraient représenter des fantômes de "pellets" de taille et de forme diverses. Ainsi, ces dolomies apparaîtraient comme des dolomies secondaires probablement précoces (diagénétiques). Je range les minéralisations ayant ce type de dolomie comme roche-support dans le type I.

4. 3. 6. Les niveaux siliceux à fluorine, dolomite, galène et hémimorphite.

Ces niveaux sont répartis en divers points de la zone de la Estrella (affleurements du centre de la zone, galeries Rebusca, et Maldonado Viejo, et surtout sur la partie orientale, au S et au N des affleurements de brèche et de "franciscaine" — coupes 19 et 25 de la Pl. XXII).

Parfois, ils sont localisés à côté des zones richement minéralisées en galène, encadrés alors par des dolomies grises ou noires et le contact est brutal au toit tandis qu'il est progressif au mur (dolomies brunes, siliceuses à surface irrégulière). Plus souvent, ces horizons se situent sous les brèches ou sous la "franciscaine", riche en galène et fluorine et sur des dolomies noires parcourues par de rares veines sécantes, remplies de fluorine (Maldonado Viejo). L'épaisseur de ces niveaux varie de cinq centimètres à un mètre. En surface, ils sont très altérés, vacuolaires, fragiles (ils s'écrasent sur le marteau en donnant une poussière grise, cendreuse) tandis qu'au fond, ils sont gris foncés et gris clair ou verdâtres, parcourus par des veines carbonatées rouges ; les vacuoles sont remplies par le même carbonate rouge ⁽¹⁾ montrant des croissances zonées. Ces niveaux sont toujours très fétides.

(1) Une étude aux rayons X a montré qu'il s'agissait d'ankérite. Dans ces niveaux, d'après un rapport inédit de F. LUXAN, il y aurait également de la rhodocrocite.

L'examen de ces roches en section polie orientée montre la présence de plages grises uniformes et de plages grises d'aspect bréchique et détritique. Les premières sont constituées par du quartz et de l'hémimorphite fibro-radiée. Les secondes, souvent séparées des premières par un joint stylolitique embarrassé d'argiles et d'hématite renferment des fragments anguleux et arrondis de composition identique aux premières, cimentés par de la fluorine (souvent automorphe) et un carbonate rouge ^[1]p.349, zoné, riche en inclusions d'hématite. Ces niveaux siliceux montrent souvent des bréchifications "in situ" affectant l'ensemble des zones cimentées par de la fluorine et le carbonate rouge. Le centre des géodes du ciment est occupé par de la fluorine incolore ou violacée.

Un de ces niveaux, riche en hématite, a donné une teneur de 4 % de zinc. La galène y est presque toujours absente.

Ces niveaux rappellent les horizons des gisements américains du Mississipi étudiés par W. C. PARK et G. C. AMSTUTZ (1967) : ils montrent une composition et des structures voisines, ils ne semblent différer des premiers que par leur pauvreté en sulfures. Mais, compte tenu de l'environnement dolomitique particulier, comment ne pas évoquer aussi à leur sujet les dépôts rouges métallifères signalés par J. AVIAS (1949 et 1959) ou les boues bleues dans lesquelles s'opèrent des silicifications intenses (palétuvas actuelles de Nouvelle Calédonie).

Il faudra revenir sur ces niveaux dans le cadre d'une interprétation générale de la zone.

4. 3. 7. La « franciscaine » et les brèches.

Les termes de "franciscaine" et de "pierre indienne" désignent, on l'a vu, des roches noires et blanches rayées ou tachetées, dans le langage des mineurs régionaux. J'ai proposé de n'utiliser celui de "franciscaine" que pour les roches dolomitiques et celui de "pierre indienne" pour les roches à fluorines (J. P. JACQUIN, 1966) en même temps qu'un cadre de classification de ces types pétrographiques et une hypothèse génétique dynamique au sujet de la "franciscaine". Des faits nouveaux ayant été observés, il faut revenir ici sur la "franciscaine".

A — Composition minéralogique de la "franciscaine"

Cette constitution peut être résumée comme l'indique le tableau n° IX .

La nature minéralogique des zones blanches et noires ne change pas dans tous les types de structure qui ont été observés. Dans les brèches, le ciment a

souvent une composition de "zone blanche". A l'échelle régionale, la plus grande partie des masses dolomitiques à structure de "franciscaine" semble dépourvue de minéralisation en galène ou fluorine.

CONSTITUTION DE LA "FRANCISCAINE"		
Zones blanches	Eléments essentiels toujours présents	Eléments accessoires ou absents
	Dolomie largement cristalline (cristaux de 0,1 mm à 2 cm) blanchâtre	Quartz, calcite fluorine (toujours en petite quantité).
Zones noires	Dolomite finement cristalline (diamètre des grains 0,07 mm en moyenne) de teinte sombre.	Quartz microcristallin, fluorine noire, sulfures, matières organiques, produits ferrugineux.

Tableau IX. — Composition de la « franciscaine ».

Les structures observées à diverses échelles vont être maintenant décrites puis je traiterai des brèches associées aux faciès du type "franciscaine".

B — Les structures de la "franciscaine" à diverses échelles.

Les structures de la "franciscaine" sont très variées ; depuis l'échelle centimétrique jusqu'à celle de l'affleurement. On en trouvera une illustration commentée sur les figures 178 à 184. Elles méritent d'être analysées en détail à l'aide d'un exemple pris dans le niveau 13 de la coupe 27 (fig. 172 a).

a) Les structures de détail

A l'échelle d'un banc, on peut observer la répétition de niveaux différents, se succédant toujours dans le même ordre, traduisant la rythmicité de phénomènes qu'il faut tenter d'analyser (fig. 188) :

- A. Dolomie ou calcaire dolomitique, argileux, onduleux à stratifications mineures complexes (remaniements, glissements) ;
- B. Dolomie noire recristallisée suivant des zones parallèles et obliques sur la stratification. Ces zones sont nettes quand la dolomie noire est régulièrement litée (dolomies varvées, haut de la fig. 178, par exemple) tandis qu'elles sont plus floues lorsque le dépôt initial semble avoir eu une architecture interne complexe (fig. 179 et 180).

- C. Dolomie parcourue par un réseau de recristallisation tellement dense qu'elle prend l'allure d'une brèche ; les veines blanches obliques sur la stratification aboutissent fréquemment, à la partie supérieure du banc, à séparer des fragments dolomitiques décalés ; la surface du banc initial devient irrégulière et le dépôt suivant (A) effacera ces irrégularités.

Ce schéma affecte des tranches de sédiment variables : il peut être complet sur une épaisseur allant de quelques centimètres (fig. 188) à plusieurs mètres (fig. 172b, c et d) ou même se développer sur une puissance dépassant 10 m (fig. 189), mais, alors, aux veines découpant des dolomies noires viennent s'ajouter des veines plus larges découpant des blocs déjà profondément affectées par la transformation en "franciscaine".

Légende des photographies (fig. 176 à 181)

- Fig. 176 Barranco de los Plateros (SE du village de Felix)
Calcaires en gros bancs à surface onduleuse.
Calcaires à joints argileux rouges (petits bancs) passant à des calcaires pseudo-noduleux (nodules d'origine mécanique). Les faciès ont été observés ici, quelques mètres sous les premiers niveaux de «franciscaine».
- Fig. 177 Plaque de calcaire noduleux et argileux sur laquelle apparaissent les formes étirées toutes dans le même sens des fragments d'anciens lits calcaires séparés par des lits argileux.
- Fig. 178 « franciscaine ». Recristallisations greffées sur une dolomie originellement très régulièrement stratifiée, surmontant une dolomie à veines oblique et parallèle à la stratification, très serrées, conduisant à un aspect de brèche.
- Fig. 179 « franciscaine », affectant une dolomie à gros grain, friable, avec des structures évoquant d'anciennes stratifications entrecroisées.
- Fig. 180 Sous des niveaux bréchiques : dolomie presque entièrement recristallisée à partir d'un réseau de veines blanches obliques et parallèles à la stratification.
- Fig. 181 Partie supérieure d'un banc dolomitique transformée en «franciscaine». Noter l'obliquité du phénomène par rapport à la limite de banc supérieure.



Fig. 176



Fig. 177



Fig. 178



Fig. 179



Fig. 180



Fig. 181

Légende des photographies (fig. 176 à 181)

- Fig. 182. Versant occidental du Pic de la Estrella. Bloc de « franciscaine » trouvé dans les éboulis montrant divers types de structure réunis sur une hauteur d'environ 60 cm.
- Fig. 183. Versant oriental de la Estrella. Brèche à éléments de « franciscaine ».
- Fig. 184. Mine Carmen (près Fondon). « Franciscaine » à raies noires et blanches régulières.
- Fig. 185. Détail de la fig. 183. A gauche du marteau noter la présence de grands éléments de dolomies partiellement transformés en « franciscaine », inclus dans la brèche.
- Fig. 186. Dolomie noire bréchique. Ciment dolomitique blanc à gros grain. Les points brillants dans les surfaces noires représentent des mouches de galène.
- Fig. 187. Détail de la figure 183. Eléments de dolomie noire et de « franciscaine » voisinant à la base d'un niveau de brèche.



Fig. 182



Fig. 183

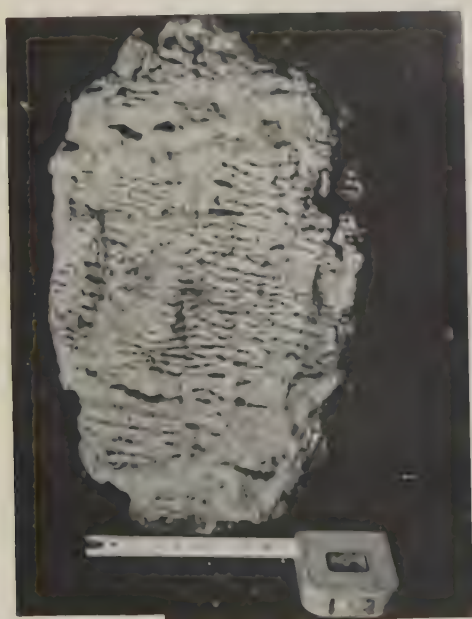


Fig. 184



Fig. 185



Fig. 186



Fig. 187

b) Les structures à l'échelle décamétrique (groupes de bancs)

Une coupe sur laquelle figure l'ensemble des phénomènes qui viennent d'être rapportés a été relevée sur le versant oriental du Pic de la Estrella (entre les coupes 13 et 14 de la planche XXII). Sa description a déjà été donnée (J.P. JACQUIN, 1966) mais il faut la rappeler (fig.189).

Du bas vers le haut, les horizons suivants peuvent être distingués :

1. Dolomies, grises, finement cristallines, à joints stylolitiques. La patine y souligne parfois des laminites de teinte plus ou moins foncée (dolomies varvées).
2. Niveau constitué par des alternances de lits dolomitiques (quelques centimètres d'épaisseur) et de lits rouges riches en argiles (1 à 1,5 cm d'épaisseur). Ces alternances sont affectées de petites ondulations, dans lesquelles les lits dolomitiques montrent des étranglements puis des boudinages. Localement, les bancs dolomitiques sont tronçonnés, et leurs fractions emballées par la roche argileuse rouge. Celle-ci montre alors une schistosité interne. Les surfaces de stratification déformées, vues en plan, portent des stries de friction, et des ondulations à profil toujours dissymétriques (stries de friction et plans de symétrie des irrégularités ont des directions parallèles).
3. Dolomie grise, finement cristalline.
4. Bancs dolomitiques noirs à petites veines blanches parallèles et obliques sur la stratification. A mesure qu'on s'élève dans la formation, ces veines constituent un réseau de plus en plus dense aboutissant à la structure de la "franciscaine" type. Entre les zones blanches et noires, il n'y a qu'une différence de taille des cristaux de dolomite et de teneur en impuretés.

Les raies blanches peuvent avoir des limites très nettes, rectilignes et le réseau prend des allures géométriques. Dans les zones sombres qu'il épargne, la patine souligne souvent l'existence de laminites.

Très fréquemment, les rayures obliques sur la stratification décalent le système parallèle à cette dernière, évoquant ainsi une série de petites failles en escalier.

Les zones blanches peuvent avoir des limites floues, le réseau prend alors un aspect confus. Dans ce cas, à l'intérieur des zones noires, on reconnaît des figures de sédimentation turbulente.

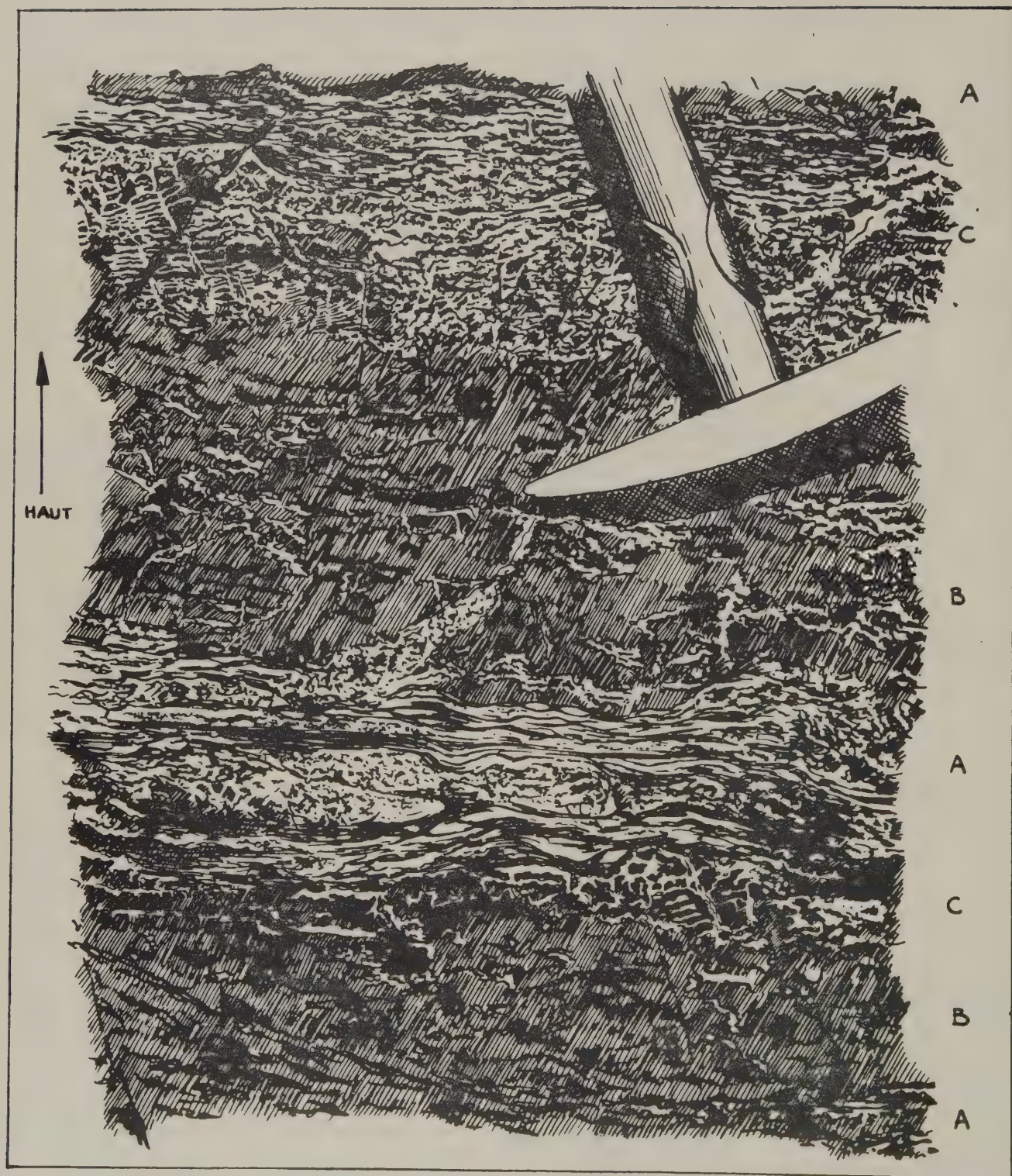


Fig. 188. — "Franciscaine" à divers stades de développement dans des bancs dolomitiques séparés par des niveaux argilo-dolomitiques. Route des mines de la Estrella.
(D'après photographie d'une surface altérée).

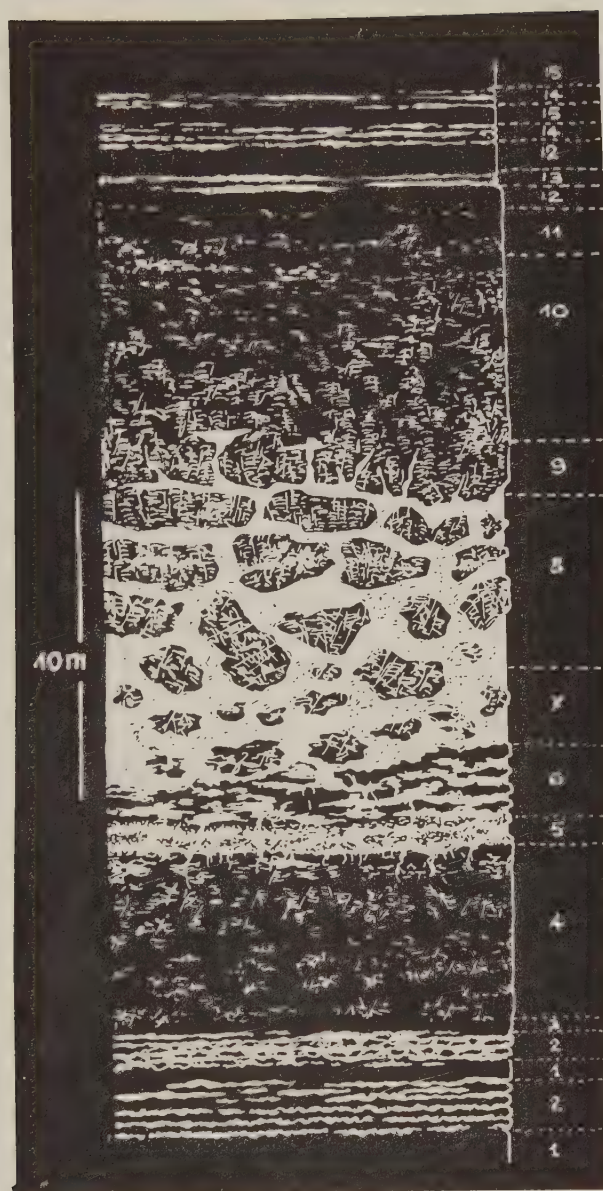


Fig. 189. Coupe relevée sur le versant oriental du Pic de la Estrella.

5. Niveau brun ou gris-rose, toujours vacuolaire. Son épaisseur varie du décimètre à plus d'un mètre dans le secteur de la coupe. Là où son épaisseur est la plus forte, il présente des structures de glissement et des bréchifications. Cet horizon essentiellement siliceux (quartz microcristallin) contient accessoirement de la dolomite en cristaux automorphes ou en amas nuageux, un peu de fluorine et de la galène.
6. Niveau irrégulièrement rubanné blanc et noir. Les parties noires sont constituées de quartz et de dolomite microcristalline avec fluorine et galène en petite quantité. Les parties blanches renferment de la dolomite ou de la fluorine ou un mélange de ces deux minéraux toujours largement cristallins. De ces zones blanches partent des filonnets de même composition qui peuvent être suivis jusque dans les niveaux 4 et 7.
7. Horizon bréchique à éléments de dolomie noire ou grise et de "franciscaine", emprisonnés dans un ciment cristallin de teinte claire. A la base du niveau, le volume du ciment est plus important que celui des éléments tandis qu'au sommet, ce rapport est inversé.

Le ciment renferme de la dolomite et de la fluorine ayant tendance à réaliser leur forme cristalline propre. A la base de la brèche, il est riche en fluorine ; au sommet, il ne renferme que de la dolomite ; la galène y joue un rôle accessoire.

Les éléments reposent les uns sur les autres dans des positions variables ou bien donnant l'impression de flotter isolément dans le ciment. Leurs formes sont anguleuses ou un peu arrondies.

8. Horizon bréchique. Il se distingue du précédent par l'apparition d'une organisation des éléments de dolomies ou de "franciscaine". Ainsi, d'un bloc à l'autre, il est de plus en plus facile de suivre un joint stylolitique ou une série de laminites claires et foncées et par conséquent de reconnaître leur appartenance à un même banc initial.
9. "Franciscaine" parcourue par de grosses veines dolomitiques largement cristallisées (elles se relient au ciment de l'horizon précédent). Ces veines amorcent la division des bancs en éléments faiblement décalés ou basculés les uns par rapport aux autres.
10. "Franciscaine" typique.
11. "Franciscaine" dans laquelle les veines blanches sont de moins en moins abondantes, souvent floues.

12. Dolomie noire ou grise, homogène, finement cristalline.
13. Dolomie grise ou brunâtre, finement cristalline à passées argileuses, rouges, discontinues.
14. Niveau rouge, riche en argiles en petits lits ou dispersées dans la roche carbonatée qui perd son caractère franchement dolomitique. On y observe des épisodes de dépôt bréchique (reprises de sédiments frais par des courants).
15. Dolomie grise, finement cristalline, en bancs réguliers de deux à trente centimètres d'épaisseur. Ce faciès reste à peu près identique à lui-même jusqu'à l'apparition des calcaires (partie supérieure de la série carbonatée).

Au sommet de cette coupe, le passage des dolomies aux calcaires est marqué par des discordances mineures et par la présence de bancs lenticulaires renfermant des mouches de galène. A la base des calcaires, on retrouve les récurrences dolomitiques à petits accidents siliceux observées dans la coupe 27 (niveau 85, fig. 172 h).

Une telle coupe peut se répéter plusieurs fois, avec la même succession de types lithologiques ou de façon incomplète sur une même verticale ; c'est le cas dans la coupe 27 (fig. 172). Ainsi, en allant du banc à la colonne lithostratigraphique, on a vu un phénomène élémentaire, rythmique se fondre dans une succession complexe dont il faudra tenter d'éclaircir les mécanismes de genèse un peu plus loin. Auparavant, les horizons bréchiques vont être décrits.

C — Les "brèches" accompagnant la "franciscaine"

La succession type de la fig. 189, avec un développement plus ou moins important des divers horizons, a été retrouvée à plusieurs endroits de la zone de la Estrella (Pl. XXII) : à l'E et au NW (en surface) et dans les travaux miniers. Les affleurements des niveaux bréchiques ont pu être délimités de manière suffisamment précise pour que leurs limites d'extension verticale et horizontale puissent être reportées sur la planche XXII. Il ne s'agit pas d'un horizon unique mais de plusieurs horizons affectant la partie supérieure de l'ensemble t_{2b} (coupe 27) qui semblent se raccorder à un grand niveau bien représenté sur le flanc oriental du Pic de la Estrella et qui s'amincit à la fois vers le NE et vers le SW (Pl. XXII, coupes 7 à 20).

En divers points de la zone et en particulier sur la coupe 27 et dans les anciens travaux situés aux extrémités des galeries Maldonado Nuevo et Maldonado Viejo, les faciès bréchiques envahissent une tranche de dolomies dans laquelle on peut distinguer des brèches à éléments dolomitiques noirs et des brèches à éléments de "franciscaine". On verra plus loin l'utilité de cette distinction.

a) Les éléments des brèches

Dans ces brèches, les éléments dolomitiques (dolomies noires varvées, dolomies noires siliceuses, dolomies noires à galène et fluorine) ou de "franciscaine" ont des formes généralement "anguleuses-émoussées" : leur appartenance à un même banc original est souvent encore reconnaissable : ces éléments n'ont donc pas subi de transport et les brèches ne peuvent être interprétées que comme des brèches de dissolution formées sur place et accompagnées de décalage des blocs les uns par rapport aux autres. A côté de ces grands éléments, il faut y citer encore la présence de nodules de galène (anguleux) isolés dans le ciment, à cheval entre ciment et éléments ou dans les éléments (fig. 190).



Fig. 190. — Brèche diagénétique de la zone Maldonado Viejo : disposition de la galène dans les éléments dolomitiques à grain hétérogène.

1. Dolomie noire à grain fin et mouches de galène.
2. Dolomie en gros cristaux (jusqu'à 0.5 cm) et mouches de galène.
3. Galène engrenée avec la dolomite finement ou grossièrement grenue.

(D'après une section polie).

Dans ces brèches, la galène présente un grain identique dans les éléments et dans le ciment ; elle peut être à cheval sur les éléments et le ciment (fig. 190). Ces caractères permettent de penser que la galène est antérieure à la bréchification.

Bon nombre de travaux miniers (exploitations de galène) ont débuté par des tranchées creusées à la base des horizons bréchiques, là où se situent les plus fortes concentrations en

"yeux de perdrix" ⁽¹⁾ parfois jointifs. Ces concentrations ne se seraient-elles pas produites par simple gravité au cours de la recristallisation des dolomies encaissantes, déjà minéralisées ? Dans un milieu thixotropique où la galène existe déjà, ce mécanisme est concevable.

(1) Petits amas de galène, dans le langage des mineurs.

b) Le ciment des brèches

Le ciment est constitué soit par de la dolomite seule, soit par l'association dolomite-fluorine ; accessoirement, on y trouve aussi de l'ankérite, un peu de quartz et exceptionnellement de la rhodocrosite ($\text{CO}_3 \text{Mn}^{(1)}$) en veines rougeâtres. Les cristaux de dolomite atteignent de grandes tailles (jusqu'à 2 cm) au sein du ciment où ils sont blanchâtres ou jaunâtres ; sur les bords des éléments, ils sont plus petits, souvent zonés (embarrassés de fer dans leurs clivages) et accompagnés de quartz (fig. 192). Si l'on en juge par la zone de contact avec les éléments, la cristallisation de ce ciment semble avoir eu une histoire complexe : certaines zones d'impuretés passent d'un grand cristal à l'autre en dessinant des figures rappelant des limites de cristaux comme s'il y avait eu une cristallisation antérieure. Dans les bandes de ciment séparant deux éléments ou s'insinuant entre deux masses dolomitiques, l'axe de la bande peut être occupé par de la fluorine et celle-ci, assez rarement, peut y présenter ses formes propres (cube) dans de petites géodes souvent remplis d'argiles jaunâtres.

Plus loin, après avoir examiné encore quelques types de faciès locaux, il faudra revenir sur ces formations et essayer de dégager une interprétation génétique de la "franciscaine" et des brèches dans un environnement mieux connu. Toutefois, dès maintenant, un certain nombre de faits doivent être soulignés et confrontés avec les interprétations que certains auteurs en ont donné et on retiendra que je range dans un type II les minéralisations associées à ces roches ayant une histoire diagénétique complexe et longue.

D — Les hypothèses génétiques émises au sujet des brèches et de la "franciscaine"

Les faciès "franciscaine" ont été étudiés par H. LEROY (1967) en Sierra de Lujar et par A. QUESADA GARCIA et J.A. ESPEJO MOLINA (1968). H. LEROY (op. cit.) a tenté de marier encore à leur sujet les résultats expérimentaux et l'hypothèse du remplacement dans un cadre diagénétique. Pour cet auteur, l'existence d'un fond instable (J. P. JACQUIN, 1966) a son importance dans la réalisation du phénomène mais "les phénomènes diagénétiques ont eu une action toute différente et beaucoup plus complexe" (H. LEROY, 1967, p.91), importance qu'il suppose être le remplacement de calcaires par de la fluorine et de la dolomite sous l'action de solutions magnésiennes et fluorées. Ces réactions se produisent avec une réduction de volume de 33 % lorsque la fluorine remplace la calcite et de 12 % lorsque c'est la dolomite qui remplace la calcite, il (H. LEROY, op. cit.) imagine que des vides se sont ainsi créés et que ceux-ci ont été occupés par la suite par des cristallisations de fluorine et de dolomite ("zones claires de la "franciscaine" "). Dans la finesse des zones blanches de la "franciscaine" qu'il oppose à l'épaisseur plus grande des zones blanches de la "pierre indienne", H. LEROY (op. cit., p. 93) voit une relation avec la différence de di-

(1) F. LUXAN, rapport inédit.

Légende de la figure 191:

a - Maldonado Viejo (Labor 18)

1. Dolomie siliceuse à grain fin ($< 0,003 \text{ mm}$) Dolomite et quartz microcristallin ont la même taille et sont bien engrenés.
2. Joints argilo-siliceux rouges.
3. Fluorine finement cristalline, noire avec un peu de dolomie disséminée dans la masse.
4. Fluorine blanche largement cristalline.
5. Brèche postérieure remaniant tous les types précédents.

b - Maldonado Viejo (Labor 18)

1. Dolomite largement cristalline, blanchâtre
2. idem (1) occupe le centre d'une géode
3. Carbonates zonés, blancs, brunâtres, rouges.
4. Fluorine blanche largement cristalline avec quelques gros cristaux de dolomite.
5. Joints argileux rouges.
6. Dolomie noire à grain fin.

c - Maldonado Viejo (Labor 18)

1. Dolomie siliceuse, noire à grain fin
2. Joint argileux rouge
3. Dolomite blanche, largement grenue
4. Argile grise et silice microcristalline

d - Maldonado Viejo (Labor 22)

1. Joints argileux rouges
2. Dolomie noire à grain fin, siliceuse
3. Dolomie noire à grain hétérogène, siliceuse, à mouches de galène.
4. Carbonates zonés
5. Dolomite largement cristallisée, blanche
6. Fluorine blanche avec un peu de silice, de dolomite et de galène.
7. Cristaux de galène.

e, f - Maldonado Nuevo (Labor E et J)

1. Dolomie noire, varvée.
2. Fluorine blanche, grenue
3. Carbonates rouges.

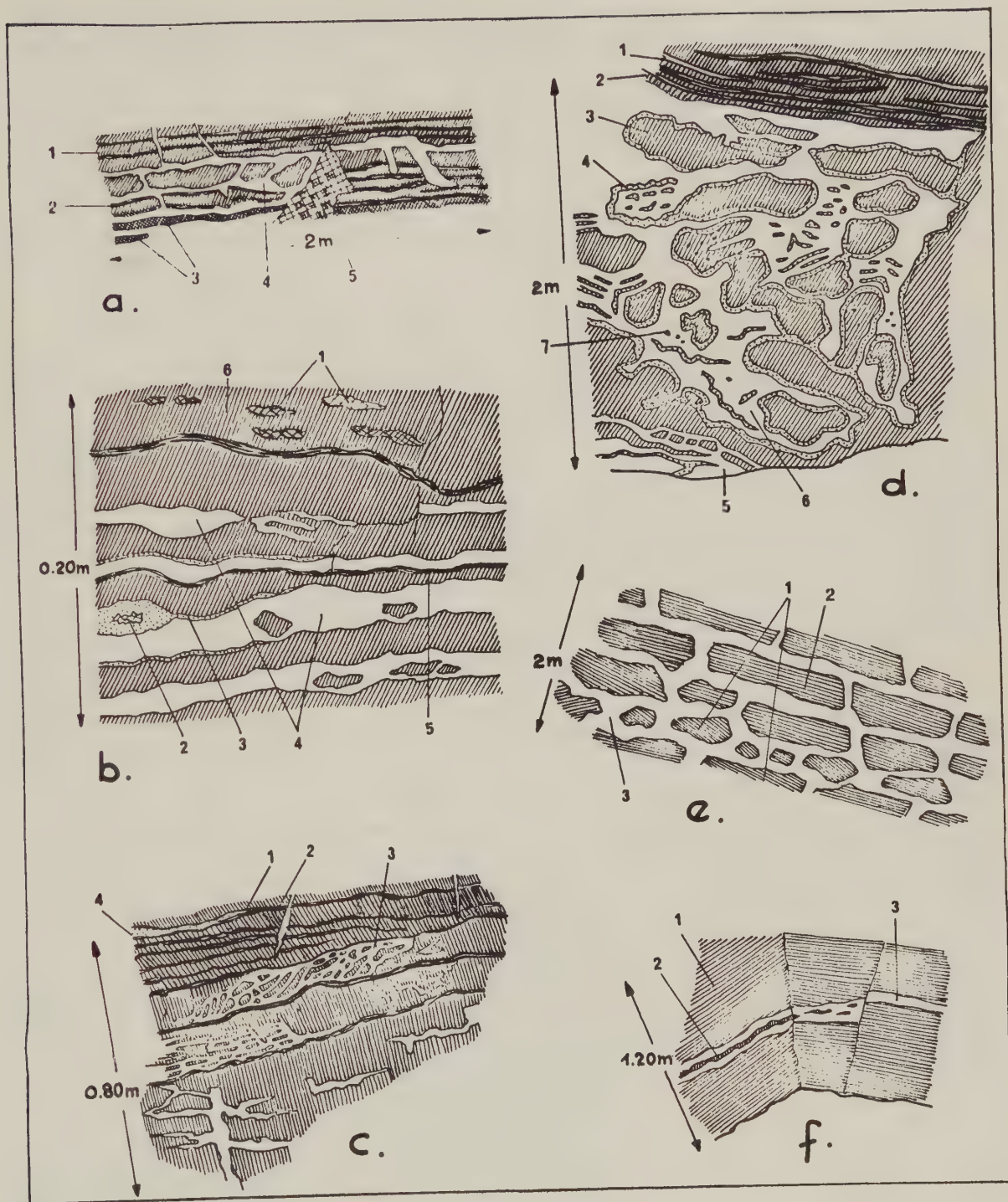


Fig.- 191

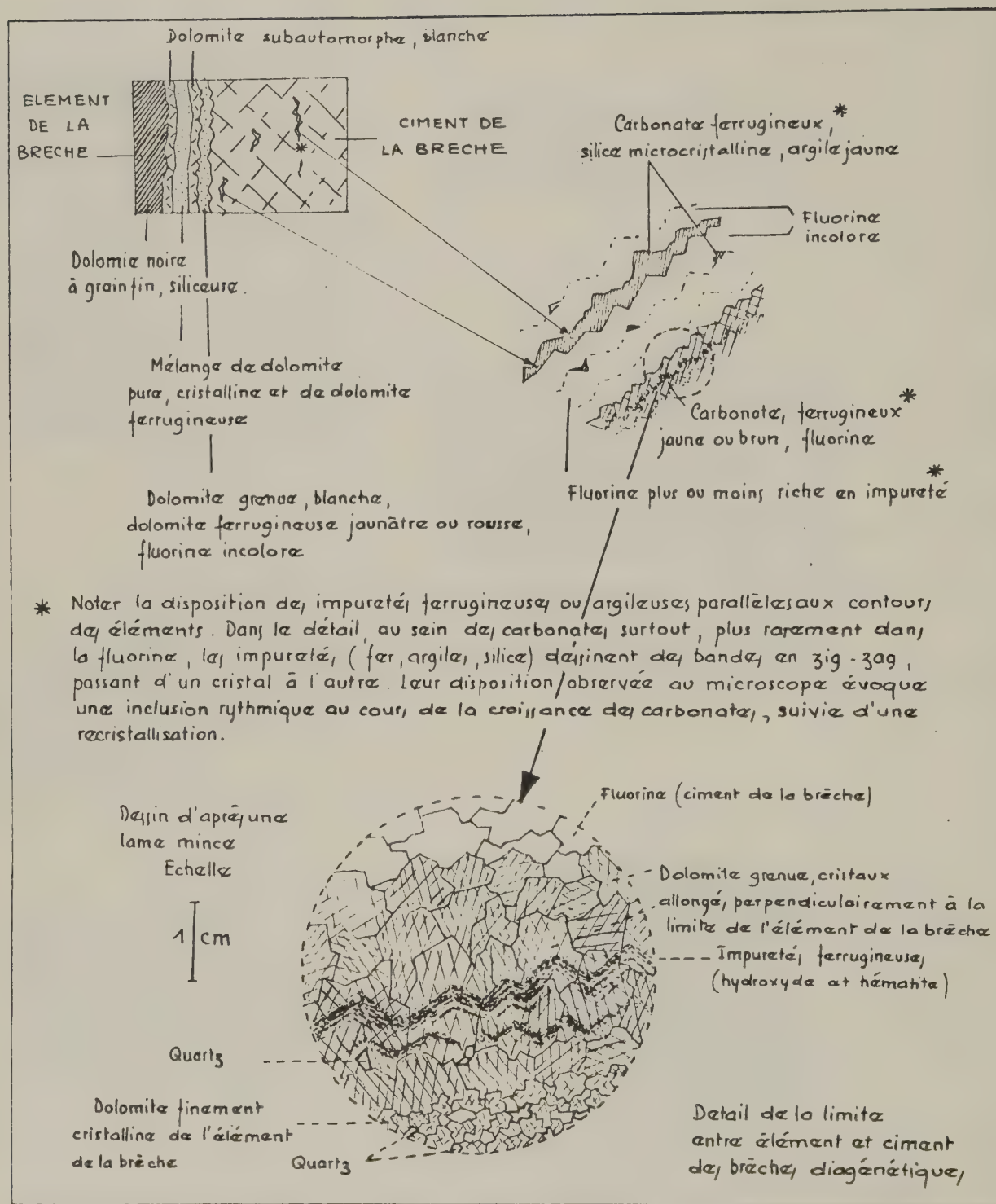


Fig. 192. - Contact entre élément et ciment des brèches diagénétiques observées dans la zone Maldonado Viejo.

minution de volume. S'il est vrai qu'en Sierra de Lujar ces transformations affectent un sédiment originel "calcaire et terrigène" ou simplement "calcaire" (op. cit., pp. 92 et 93), cette hypothèse ne peut pas être appliquée aux "franciscaines" de la Sierra de Gador où le sédiment originel est déjà une dolomie dans le cas de toutes les "franciscaines" et de toutes les brèches ⁽¹⁾. De plus, la largeur des zones blanches n'a rien à voir avec la nature dolomitique ou fluorée de l'élément remplaçant puisqu'on peut observer fréquemment des zones blanches dont l'épaisseur dépasse deux centimètres dans les roches dolomitiques alors qu'elles dépassent rarement le centimètre dans les roches fluorées.

A. QUESADA et al. (1968) ont imaginé à propos de la "franciscaine" et des brèches de la zone de la Estrella des mécanismes ne faisant plus du tout appel aux remplacements mais essentiellement à des processus mécaniques dont les effets se dérouleraient depuis l'époque de la diagenèse des sédiments jusqu'après la mise en place des nappes et qui auraient pour résultat la réalisation des brèches et de la "franciscaine" en même temps que celui des "boudinages" dont il a été question dans le chapitre traitant de la nappe de Gador (Tome I, fig. 91). Pour ces auteurs, une bonne partie des recrystallisations observées dans les dolomies seraient liées à une tectonique précoce (celle que F. ALDAYA, 1969 b, considère comme triasique) affectant des sédiments non encore indurés ; de même, les charriages auraient contribué (op. cit., p. 148 et 149) à donner leur aspect final aux recrystallisations.

Si, dans la "pierre indienne", certains phénomènes géométriques postérieurs à la réalisation des zones blanches et noires, peuvent être liés à la tectonique de nappe, par contre, je n'ai jamais rencontré d'arguments permettant d'envisager que les sédiments étaient encore gorgés d'eau au moment des charriages ou qu'il y eut une tectonique souple à la fin du Trias pouvant avoir des relations avec les figures observées dans ces faciès. De même, sur le terrain, je n'ai jamais observé de liaison directe entre les "boudinages" situés dans t_3 et sous le contact avec la nappe de Felix et les recrystallisations observées dans les dolomies de t_2b . Par contre, plus loin, on verra que les contacts tectoniques affectent des minéralisations déjà constituées c'est pourquoi je ne partage pas l'opinion de ces auteurs quant à l'intervention de mécanismes tectoniques précoces (triasiques) ou tardifs (tectonique de nappe) dans la réalisation de la "franciscaine" et des brèches.

Il me semble possible de distinguer dans ces brèches deux types fondamentaux déjà décrits :

(1) Sans compter, comme je l'ai déjà mentionné, que la « franciscaine » et les brèches peuvent être totalement dépourvues de fluorine.

– des brèches par cristallisation (A. CAROZZI, 1953) dans lesquelles les contours apparemment capricieux du ciment sont en réalité plus ou moins liés aux structures primitives du dépôt ; les limites du ciment sont floues (fig. 191 d) ; les contours des éléments ne s'emboîtent pas (fig. 191 d) ; ces brèches correspondent à une exagération des phénomènes engendrant d'abord la "franciscaine" ; ce sont ces brèches qui peuvent renfermer des blocs de "franciscaine" ;

– des brèches par intrusion et éclatement (M. GIGNOUX et M. AVNI-MELECH, 1937) où les éléments de dolomie noire présentent des contours complémentaires et sont quelquefois basculés les uns par rapport aux autres.

Dans la zone de la Estrella, l'apparition de ces brèches pourrait être liée à des phénomènes de glissement et de tassement respectivement lents et nombreux (brèches par cristallisation) et rapide et brutaux (brèches par intrusion et éclatement).

4. 3. 8. Les dolomies ou dolomies calcaires argileuses à galène et parfois fluorine.

Le niveau 58 (coupe 27, fig. 172 e) est constitué par une dolomie gris-jaune renfermant de nombreuses mouches de galène entourées par une mince frange de cérusite ; il présente des stratifications internes complexes.

L'examen des échantillons en section polie révèle l'existence de stratifications confuses ou contournées, de figures de glissement soulignées par la couleur jaune ou orangée de laminites riches en produits ferrugineux et en argiles. Les laminites orangées ou rouges contiennent de l'hématite. Toutes ces laminites présentent une structure interne très hétérogène : elles renferment des cristaux de dolomite de taille variable, présentant souvent un liseré de croissance diagénétique, cimentés par un mélange d'argile et de carbonate à grain très fin. Au sein de la roche apparaissent des laminites calcaires ou des plages de calcite dans les laminites dolomitiques et argileuses. Des fragments anguleux de galène sont disséminés dans toute la masse. La galène est bordée par une frange de cérusite contenant, elle encore, des inclusions de galène ; cette frange pénètre irrégulièrement dans le sulfure.

De tels horizons, avec une structure et une composition minéralogique identique ont été observés en d'autres points et en particulier immédiatement au N du Pecho del Conejo à la Loma de la Encinilla (fig. 193) où l'un d'entre eux constitue un niveau atteignant 50 cm de puissance et affleure sur quelques dizaine de mètres ; particulièrement riche en fragments de galène, il a fait l'objet de grattages. Ici, ce niveau est proche du contact avec la nappe de Felix et déformé par la tectonique : tous les clivages des fragments de galène sont tordus, certains montrent une forme nettement étirée, mais ces déformations n'oblitérent

pas les caractères sédimentaires du dépôt. Comme dans la zone de la Estrella, cet horizon se situe quelques mètres seulement au-dessus des derniers bancs de dolomie noire à fluorine et galène de la série t2b

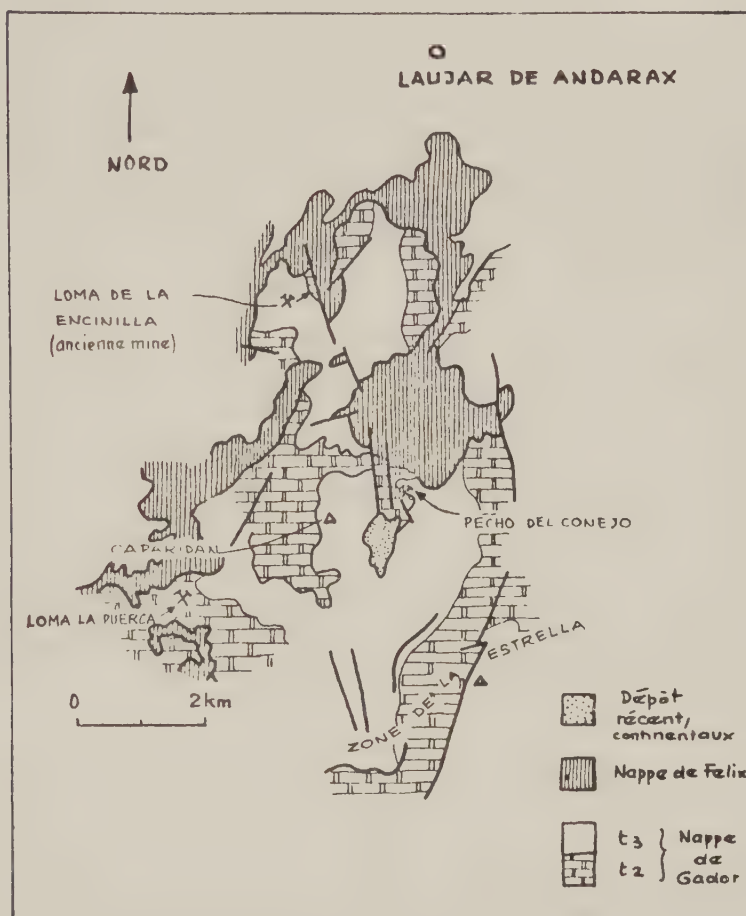


Fig. 193. — Localisation d'affleurements minéralisés (x), au NW de la Sierra de Gador.

Dans le niveau de la Loma de la Encinilla, abstraction faite de la tectonique, la structure intime du dépôt traduit des remaniements dans un sédiment non induré (glissements internes) dont la nature hétérogène (taille des grains, mélange de dolomite et de calcite, fragments anguleux de galène) évoque une origine détritique. C'est probablement au cours d'un transport très court et surtout dans leur nouveau milieu, lui-même instable, que les fragments de galène ont été altérés en cérusite, ce qui expliquerait assez bien l'allure engrenée de la limite entre cette dernière et le ciment dolomitique argileux de la roche. Si la galène de ces niveaux provient du démantèlement de niveaux antérieurs, on aurait ici à faire à un processus de remaniements voisin de ceux déjà observés par H. J. SCHNEIDER (1963) dans le Trias alpin et par Ph. LAUNEY et R. LEENHARDT (1959) dans le Lias du Lot.

Ces horizons à galène détritique représentent un type de minéralisation bien différent de celui qui a été observé dans les dolomies noires et dont l'importance peut être parfois plus grande en certains points de cette même nappe (voir les pages consacrées à la mine de Coto-Laisquez), je l'appellerai type III.

Dans la série de la nappe de Lujar, dans la fenêtre de Turon, des niveaux comparables à ceux qui viennent d'être décrits ont été trouvés. Mais ces derniers, au lieu de renfermer de la galène, renferment de la fluorine noire ou blanche, en petits grains non classés, disséminés dans les laminites d'une dolomie jaunâtre argilo-siliceuse. Il pourrait bien s'agir ici aussi de fluorine remaniée puisque ces niveaux se situent encore immédiatement au-dessus de dolomies noires à galène et fluorine du type t2b.

4. 4. Remarques générales à propos des faciès étudiés.

4. 4. 1. Remarques à propos du grain des différents faciès et de leur composition chimique.
Critères de reconnaissance sur le terrain.

Les niveaux carbonatés de la coupe 27 se répartissent dans la catégorie des calcaires, des dolomies, des calcaires siliceux, des dolomies siliceuses et des intermédiaires entre ces grands types.

La fig. 194 donne la taille moyenne des grains de carbonates dans chacun de ces types de roches. Il ressort des 48 mesures effectuées dans les roches de la coupe 27 que cette taille moyenne (mesurée en comptant chaque fois 100 cristaux et en divisant la distance mesurée par cent) que la taille des cristaux constitutifs de ces roches va en croissant dans l'ordre suivant :

- calcaires : 0,003 à 0,004 mm
- calcaires siliceux : 0,04 mm
- calcaires dolomitiques : 0,055 mm
- dolomies calcaires : 0,06 mm
- dolomies et dolomies siliceuses : 0,07 mm.

Le détail des mesures effectuées est donné par la fig. 194 d'où il ressort que si la taille moyenne des grains paraît en relation avec la composition chimique de la roche, cette taille moyenne varie beaucoup et ne peut guère être utilisée comme critère de reconnaissance.

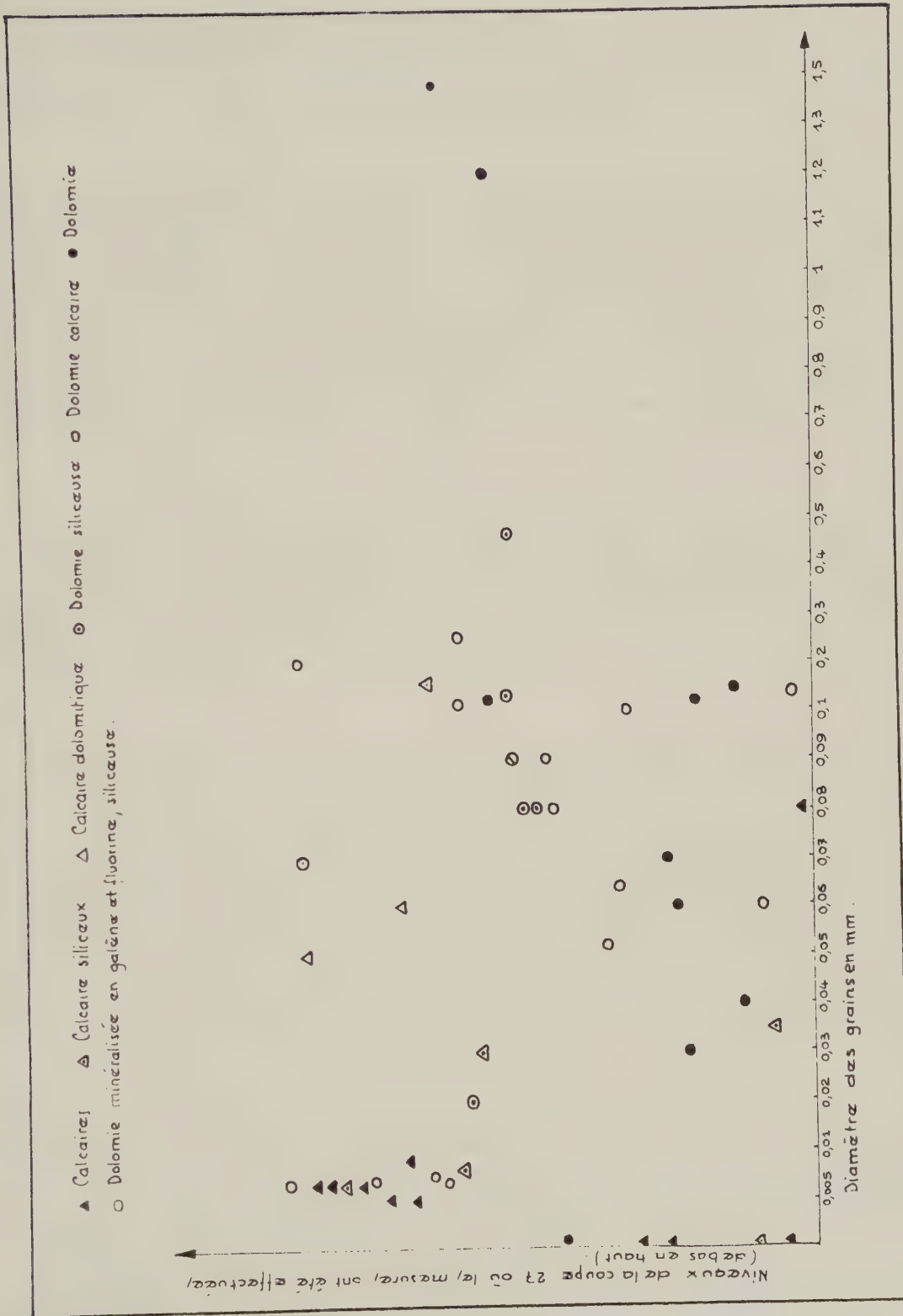


Fig. 194. — Relation entre la taille moyenne des grains et la composition de la roche (coupe 27) (dans les "franciscaine", les mesures n'ont été effectuées que dans les zones noires).

Sur le terrain, comme au laboratoire et sur cassure fraîche ou sur section polie, le test à l'alizarine a donné de très bons résultats, sauf dans le cas des dolomies à grain très fin ou à grain fin et argileuses et dans le cas des calcaires argileux où les colorations se sont révélées inutilisables en raison de la couleur même de la roche ou des colorations douteuses obtenues.

Sur le terrain encore, après un certain nombre de tests effectués à l'acide chlorhydrique dilué à 15 % et à l'alizarine, des relations ont vite été mises en évidence entre l'aspect et la couleur de la roche et sa composition minéralogique. Les teintes des dolomies sont toujours plus sombres que celles des calcaires dans l'ensemble t2b, et celles-ci sont souvent noires en même temps que très fétides. Les calcaires sont gris-clair, rosâtres, rougeâtres ou jaunes et ne sont pas fétides. Les horizons riches en argiles sont caractérisés par des teintes rouges ou jaunes et ce sont ceux de teinte rouge qui dominent dans t2b tandis que ce sont les niveaux argileux de teinte jaune qui sont les plus fréquents dans t3.

En conclusion, sur le terrain, le géologue ou le prospecteur pourra se fier beaucoup plus aux teintes qu'au grain des roches carbonatées pour les identifications rapides et grossières et toutes les roches du type "franciscaine" (noires et blanches) ou bréchiques (noires et blanches également) sont dolomitiques (sauf dans le cas de la "pierre indienne" par ailleurs facilement identifiables avec un peu d'habitude : les rayures y sont toujours plus parallèles au toit et au mur que dans la "franciscaine").

4. 4. 2. Bathymétrie des dépôts carbonatés de la coupe 27, d'après la faune, la microfaune et les structures observées.

Le niveau 43 de la coupe 27 (fig. 172 d) est riche en débris d'Echinodermes, en coquilles de Lamellibranches de très petite taille ainsi qu'en petits Gastropodes. Les coquilles sont remaniées, mais toujours très bien conservées, ce qui fait songer à un transport court étant donné leur fragilité. L'abondance, la petite taille et la monotonie des coquilles permettent de voir dans ce remaniement celui d'une faune d'herbiers et de penser que les dépôts voisins se sont mis en place à des profondeurs très faibles (50 m au maximum).

Dans les faciès de cette coupe, je n'ai trouvé aucun reste d'Algues calcaires (Dasycladacées) comme H. LEROY (1967) et P. FALLOT et al. (1954) en ont trouvé dans les roches carbonatées des sierras de Lujar et de Baza, où elles indiqueraient des profondeurs de dépôt voisines de 25 m.

Les Lagénidés (foraminifères benthiques) trouvés au sommet de la coupe, si l'on admet qu'ils n'ont pas été transportés, ce qui est vraisemblable étant

donné le bon état de leur test ne peuvent guère fournir de précisions supplémentaires à eux seuls. D'après F.L. PARKER (in J. PIVETEAU, 1952) les Lagénidés vivent actuellement dans la zone 3 de la fig. 195. Mais ces indications ne peuvent guère être extrapolées directement à la zone étudiée.

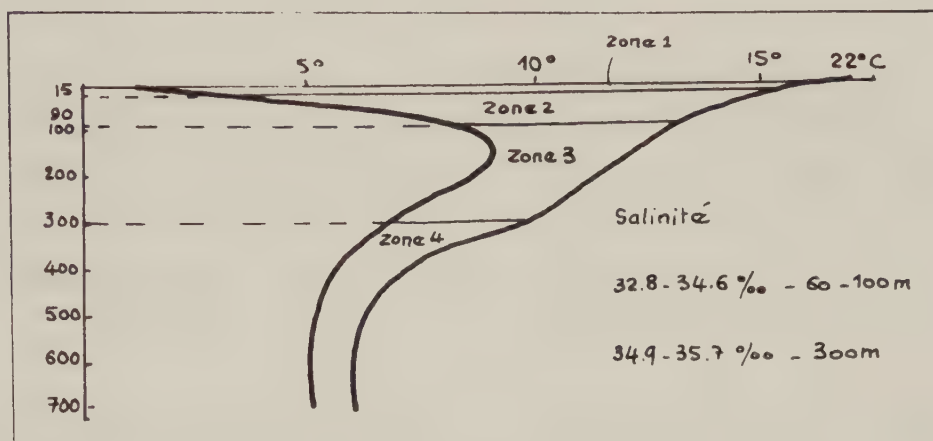


Fig. 195. - Variation annuelle de la température du fond et de la salinité selon la profondeur (Long Island, d'après F.L. PARKER) ; extrait de J. PIVETEAU (1952). Les Lagenides sont presque limités à la zone 3.

Ainsi, si les calcaires à Lagénidés auraient pu se déposer dans des milieux situés entre 90 et 300 m de la surface des eaux, les dolomies, par contre, paraissent être des dépôts de moindre profondeur. D'après leur contenu paléontologique, elles auraient pu se déposer dans un milieu n'ayant guère dépassé 50 m et plus probablement peut-être à une profondeur comprise entre 0 et 25-30 m d'après leur structure même (observée en lumière réfléchie) et les interprétations que l'on peut en donner.

4. 5. Interprétation sédimentologique et dynamique de la coupe 27 dans son cadre général.

4. 5. 1. Rappels sur l'origine des dolomies et le rôle des calcaires.

On a vu que les dolomies noires pouvaient être interprétées comme des dépôts de dolomite nés ailleurs puis transportés dans la position où on les observe actuellement. On a vu aussi que des dépôts siliceux ou siliceux à fluorine pouvaient avoir eu lieu dans des domaines restreints particuliers et que les roches mixtes (dolomies siliceuses, à fluorine et à galène) pouvaient être interprétées comme le produit des remaniements et du mélange des dépôts précédents dans le bassin.

Après leur dépôt, toutes les catégories de dolomies peuvent être affectées de recristallisations conduisant à la "franciscaine" et aux faciès bréchiques à éléments de "franciscaine" ou à éléments de dolomie noire. Entre "franciscaine" et brèches du premier type, il y a un passage progressif se traduisant par un accroissement de la quantité de dépôt initial recristallisé.

Ces masses dolomitiques recristallisées sont séparées par des dépôts carbonatés et argileux en petits bancs qui montrent des déformations attribuables à des glissements et ces dépôts carbonatés et argileux ont pu favoriser les glissements des masses surincombantes. Souvent, ces dépôts reposent en légère discordance sur une masse dolomitique inférieure dont le toit est irrégulier.

4. 5. 2. Interprétation dynamique des dépôts dans le cadre de la zone de la Estrella.

Sur la fig. 196, l'horizontale représente le temps avec une échelle variable suivant les portions de la courbe puisque la vitesse de sédimentation n'a certainement pas été continue le long de la coupe. En ordonnée, j'ai porté les profondeurs croissantes. Le 0 des profondeurs correspond au niveau de la mer et la distance p a été maintenue constante : je suppose qu'elle représente la profondeur optimale à laquelle les dépôts dolomitiques peuvent s'opérer (d'après ce qu'on a vu auparavant, elle pourrait représenter une tranche d'eau comprise entre 0 et 25-30 m).

La figure a été construite ensuite en utilisant les interprétations données précédemment c'est-à-dire en considérant que la "franciscaine" qui existe au moment Z n'existe pas encore dans la coupe au moment Y et qu'à sa place il faut représenter une dolomie. Il a été procédé de même à partir des niveaux bréchiques ; par exemple, la brèche à éléments dolomitiques du moment T n'existe pas au moment P : elle s'est formée dans l'intervalle de temps compris entre T et P etc ... Entre les moments I et H, j'ai sauté une étape pour respecter les intervalles-temps, c'est-à-dire que le schéma aurait dû montrer une coupe où les brèches à éléments de "franciscaine" disparaissaient en même temps que la "franciscaine" sous-jacente se transformait en dolomie (étape intermédiaire supprimée).

La droite en pointillé représente ainsi la vitesse moyenne de l'enfoncement (subsidence) du bassin au point 27. Elle a une valeur non chiffrable mais que l'on peut caractériser par un angle α . Tous les segments de droite que l'on pourra tracer de gauche à droite entre la base de deux horizons identiques situés sur deux coupes voisines représenteront également des vitesses de subsidence dans un intervalle de temps déterminé. Il est alors intéressant de noter les faits suivants :

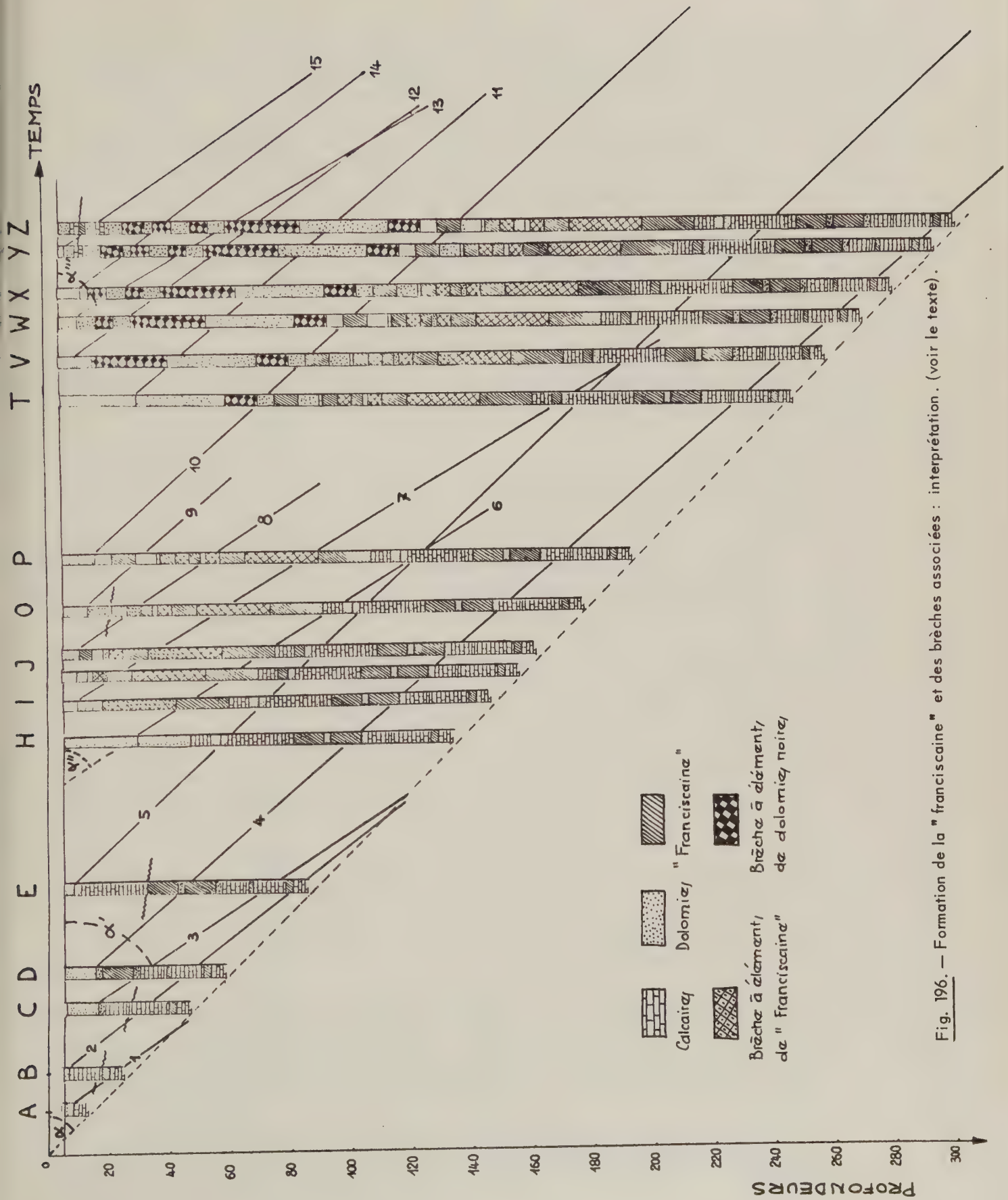


Fig. 196. — Formation de la " franciscaine " et des brèches associées : interprétation. (voir le texte).

- les droites 1, 2, 3, 4, 5, par exemple contenant un segment reliant un horizon dolomitique à son équivalent "franciscaine" recoupent la droite de la vitesse moyenne ($\alpha' > \alpha$);
- les droites 6, 7 et 8 contenant un segment reliant un horizon de "franciscaine" à son équivalent de brèche à "franciscaine" recoupent les droites 1, 2, 3, 4, 5 ($\alpha'' > \alpha'$);
- les droites (12, 13, 14 et 15) reliant un horizon dolomitique à son équivalent bréchique recoupent la droite de la vitesse moyenne de l'enfoncement et atteignent le plus grand angle avec l'horizontale (α''').

Cette construction, inspirée de celles que font les pédologues pour illustrer l'évolution d'un sol au cours du temps (Ph. DUCHAUFOR, 1965) permet les interprétations suivantes, de bas en haut de la coupe 27 (fig. 196 et 197) :

- jusqu'en A, la subsidence normale permet l'accumulation de dépôts calcaires puis dolomitiques ;
- en A, une secousse entraîne une subsidence plus rapide, les sédiments dans un état thixotropique glissent, rampent sur le fond, recristallisent et la profondeur atteinte n'autorise plus le dépôt de dolomies jusqu'avant B où les conditions favorables sont à nouveau réalisées ;
- le phénomène se reproduit plusieurs fois (B, C, D et E). Entre D et E, on observe les premiers remaniements de dolomite dans les calcaires discordants sur le substratum déformé ;
- entre H et P, le même phénomène se reproduit avec des intensités croissantes puis décroissantes, entraînant à la fois la formation de beaucoup de "franciscaine" et même de brèche affectant la "franciscaine" ;
- entre T et Y, les saccades sont plus brutales qu'auparavant, la subsidence lente autorisant les dépôts dolomitiques est entrecoupée d'enfoncements brutaux entraînant la formation de brèches de dolomies ; à la fin du phénomène, une dernière saccade entraînera encore la formation de "franciscaine".
- Après le moment Z, la subsidence reprend, sans ses exagérations momentanées et les conditions de profondeur ne seront plus que très rarement atteintes pour que des dolomies se déposent sauf lors de très rares récurrences au sein de la série à dominante calcaire et marneuse t₃.

Cette interprétation peut être encore représentée comme l'indique la fig. 197 où l'absence de saccade dans la subsidence correspond à une intensité a du phénomène.

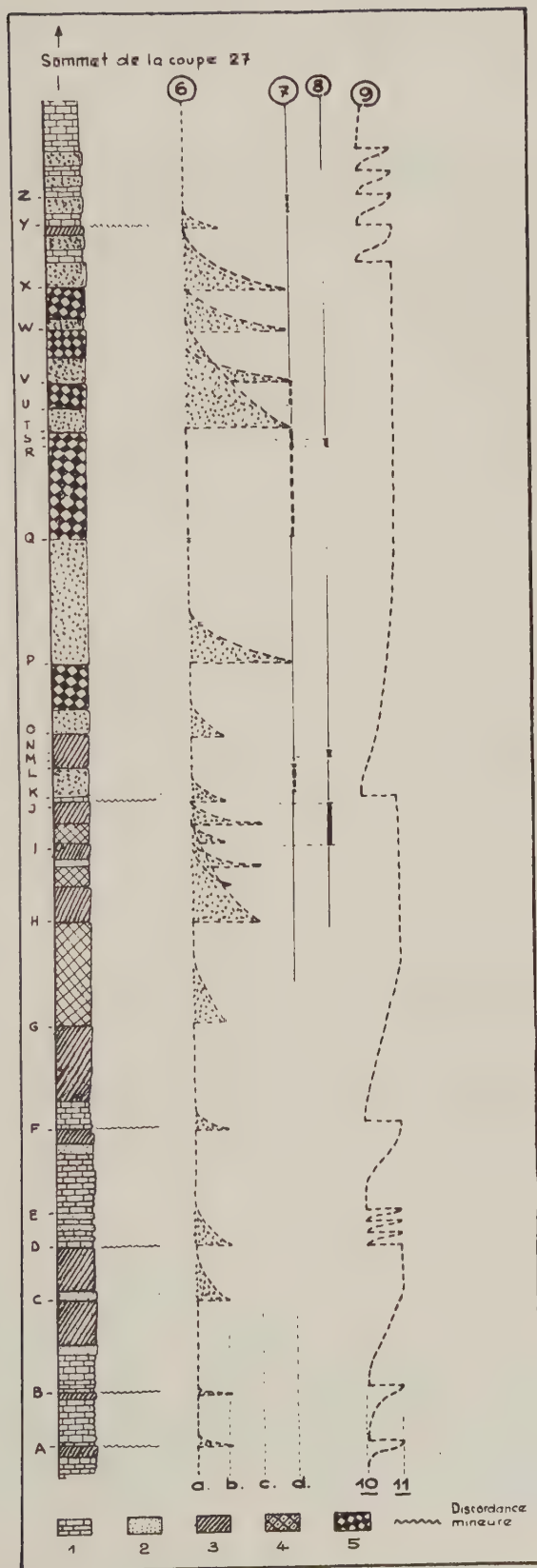


Fig. 197. — Expression simplifiée de la coupe 27 ; interprétations de la « franciscaine » et des brèches.

1. Calcaire ; 2. Dolomite ; 3. " franciscaine " ; 4. Brèche à éléments de " franciscaine " ; 5. Brèche à éléments dolomitiques ; 6. Courbe d'intensité du phénomène engendrant les glissements et recristallisations ; 7. Localisation des minéralisations en galène et fluorine ; 8. Localisation des niveaux siliceux ; 9. Evolution du chimisme des carbonates (10 = calcite et 11 = dolomite).

tandis que les intensités b, c et d correspondent à celles nécessaires pour aboutir à la formation de la "franciscaine", des brèches à éléments de "franciscaine" et des brèches de dolomie.

Si l'on reporte maintenant l'épaisseur des tranches de série carbonatée affectées sur une série de coupes traversant la zone de la Estrella (fig. 198) et que l'on déplie ensuite les structures tectoniques (fig. 199), on s'aperçoit que les phénomènes dynamiques reconstitués se sont produits probablement en bordure d'une vaste zone à subsidence plus rapide que l'ensemble du bassin, bordée par des talus et dont l'axe serait orienté en gros SE-NW, d'après les plus fortes épaisseurs observées sur les colonnes de la Pl. XXII. La pente des talus n'a jamais été très forte puisqu'entre les points A où il y a une quarantaine de mètres de "franciscaine" et de brèche et le point B où il y en a environ 140 m, séparés par 3,2 km, la pente actuelle de la limite inférieure de ces faciès a une valeur de 0,03 % (soit 3 m pour 100 m). La faiblesse de cette pente expliquerait que l'on ne trouve jamais de brèches d'écroulement sur ce secteur ⁽¹⁾.

4. 5. 3. Rapports entre les minéralisations et les processus dynamiques.

Faute de données géochimiques, il ne pourra être question ici que de fortes concentrations : celles qui ont déjà fait l'objet d'exploitations et qui se situent sur la fig. 197 entre les points K et L, Q et T, U et V, Y et Z. Il s'agit ici essentiellement de fluorine et de galène, les minerais de zinc ne jouant qu'un rôle très accessoire en ce point de la zone. On peut y distinguer les trois types de minéralisation que j'ai appelé I, II et III.

A - Minéralisations de type I et II

Dans le schéma de la fig. 197, les minéralisations de type I se mettent en place aux époques comprises entre K et L, Q et T, U et V et juste avant Z. Au cours de chacune de ces époques, une subsidence faible entretient les conditions nécessaires au dépôt de dolomies, de dolomies siliceuses, de dolomies à galène ou de dolomies à silice, galène et fluorine.

Après le dépôt de ces minéralisations, les recristallisations et les bréchifications s'opèrent ("moments" T et V) : la dolomite et la fluorine recristallisent au cours de glissements en masse tandis que la galène est peut-être l'objet de concentrations par gravité favorisées par l'état du milieu. A la fin de ces processus, l'aspect des roches-supports de la galène est modifié, la fluorine est concentrée dans la fraction de la roche-support devenue veines blanches de la "franciscaine" ou ciment des brèches et les éléments de celles-ci conservent des reliques des minéralisations du type I : le type de minéralisation II est né.

(1) Pour la plupart des déformations non tectoniques des roches sédimentaires, ce sont des pentes très faibles qui sont invoquées (P. MACARD, 1965).

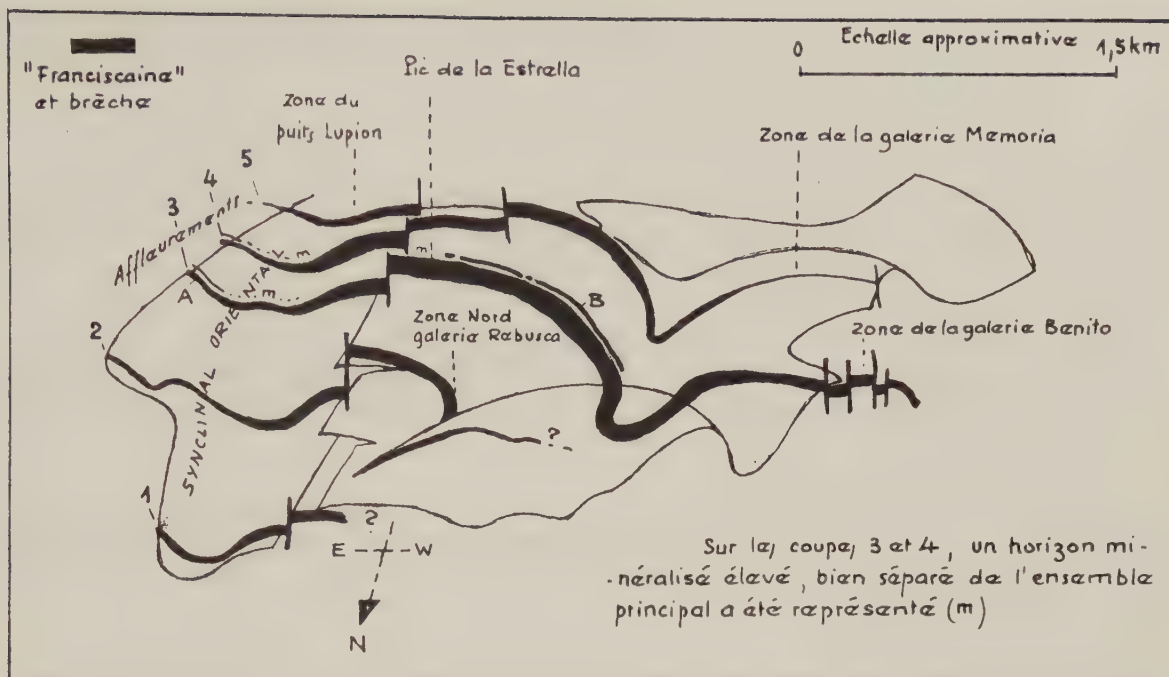


Fig. 198. — Schématisation de la répartition des " franciscaine " et brèche du secteur de la Estrella (le support structural est le schéma de la fig. 168 b). L'épaisseur des horizons est approchée.

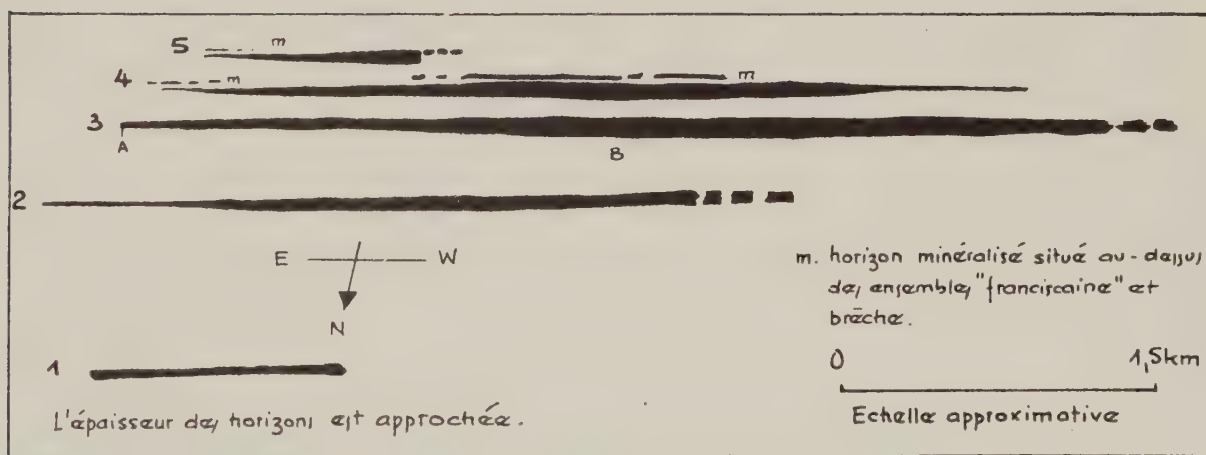


Fig. 199. — Allure primitive des " franciscaine " et brèche de la zone de la Estrella (avant la tectonique de nappe). Les coupes sont les mêmes que celles de la fig. 198.

Ainsi, les minéralisations du type I peuvent être considérées au moins comme diagénétiques antérieures aux minéralisations du type II qui sont diagénétiques tardives.

A l'échelle du groupe de bancs, l'incidence des processus dynamiques sur la nature des minéralisations est nulle ; elle n'a d'influence que sur la répartition dans l'espace.

A l'échelle du secteur de la Estrella, cette influence se fait encore sentir comme on va le voir à propos des minéralisations du type III.

A l'échelle de la région, dans la nappe de Gador, il faudra considérer la coexistence des fortes concentrations en fluorine et galène et de "franciscaine" et de brèches comme une coïncidence dont il n'est pas encore possible de donner les causes.

B - Minéralisations du type III

Dans ce même schéma (fig.197) apparaît le type de minéralisation qui a été décrit sous la rubrique "dolomies ou dolomies calcaires argileuses à galène et parfois fluorine". Ce type de minéralisation se met en place au moment Y sur la coupe 27 et, d'après les caractères de ce dépôt, il semble logique de l'interpréter comme le remaniement de niveaux minéralisés antérieurement constitués. Ces remaniements interviendraient comme au moment E, après un épisode de subsidence accélérée c'est-à-dire au moment où la topographie du fond vient d'être perturbée par des glissements et où des dépôts minéralisés non totalement indurés peuvent être remaniés par des courants. Ces minéralisations pourraient donc être syngénétiques ss.

5 - ESSAI DE SYNTHÈSE SUR LES ZONES DE LA ESTRELLA ET DU PECHO DEL CONEJO .

5.1. Position des minéralisations dans la série.

On a vu que dans la zone de la Estrella et du Pecho del Conejo se rencontraient divers types d'horizons minéralisés appartenant à la partie supérieure de l'ensemble dolomitique t_{2b}. Au sujet de leurs relations mutuelles sur une même coupe, des interprétations ont pu être avancées et une certaine logique a pu être mise en évidence dans la succession des dépôts.

5. 2. Relations entre les types de minéralisations.

A l'échelle de la zone de la Estrella, des corrélations entre les différentes coupes sont encore possibles à condition d'être tentées sur le terrain en suivant des bancs. Mais, même dans ces conditions, elles sont déjà fort délicates. S'il est possible, par exemple, de tracer une limite supérieure des brèches ou localement une limite inférieure, ou de suivre en surface un niveau riche en silice, par contre, entre deux coupes où se situent deux faciès identiques, il est à peu près impossible de dire si ces deux faciès sont synchrones ou non. De ce fait, il est impossible d'aboutir à une reconstitution de l'évolution de la zone dans le détail et à des époques rapprochées.

A l'échelle de la zone de la Estrella considérée dans son ensemble (Pl. XXI), les minéralisations peuvent être réparties dans les types I, II et III dont les représentants ne sont pas disséminés de manière quelconque :

- type I : l'environnement est simple, il s'agit de niveaux minéralisés bien interstratifiés qui peuvent être soit la "pierre indienne" (galerie Esperanza), soit une dolomie siliceuse à galène et fluorine (galeries Maldonado Viejo, et Nuevo, affleurements du NE et du SE de la zone, etc ... soit un niveau siliceux riche en fluorine et pauvre en galène, parfois à hémimorphite (galerie Maldonado Viejo, affleurement, au centre de la zone) ; au sein des faciès "franciscaine" ou brèches, ces niveaux sont localement épargnés par les recristallisations ;
- type II : l'environnement est complexe ; les roches-support ont subi des modifications diagénétiques profondes ("franciscaine", brèches) ; il est bien représenté au centre de la zone ;
- type III : l'environnement est complexe, il s'agit de minerais inclus dans des niveaux discordants sur la "franciscaine" et les brèches ; ils peuvent renfermer de la galène et de la fluorine ou l'un ou l'autre de ces minerais seul. Ce type de minéralisation a été interprété comme le produit du remaniement presque sur place des types I et II.

Compte tenu de la répartition de ces types de minéralisations, nette le long du synclinal oriental dans l'espace et dans le temps, on s'aperçoit que la zone à type I est surmontée ou encadrée par la zone à type II et que les niveaux de type III sont présents au-dessus de la zone à type II. Ainsi, dans la zone de la Estrella, les minéralisations les plus riches (type II) apparaissent localisées dans les aires où la subsidence aura été la plus forte. Tenter de comprendre les liens qui peuvent exister entre ces différents types de minéralisation et leur roche-support paraît

ainsi possible jusqu'aux minéralisations du type I. A ce dernier stade, les hypothèses que l'on peut tenter de formuler deviennent plus douteuses : sans repères chronologiques, il est par exemple impossible de savoir si la "pierre indienne" du Pecho del Conejo est bien contemporaine de celle de la galerie Esperanza ; il est impossible d'affirmer que ce dernier niveau est contemporain ou non des niveaux de dolomie brune siliceuse à fluorine et galène du SE de la zone de la Estrella ou des horizons à silice et fluorine de la galerie Maldonado Viejo. Ainsi, l'hypothèse évoquée au début de ce chapitre à propos des minéralisations de type I est pratiquement impossible à vérifier ; seul, le fait que les dolomies ne sont probablement pas des dolomies de précipitation directe viendrait à l'appui de l'interprétation suivante :

— il a pu se constituer séparément dans le bassin des dépôts fluorés pauvres en silice, dolomite et galène (type Ia), des dépôts dolomitiques supratidaux avec ou sans silice (type Ib), des dépôts siliceux riches en fluorine et à hémimorphite (type Ic) ; des dolomies noires à galène (type d) ;

— il peut exister des termes de passage entre ces différents dépôts soit sur une même horizontale-temps (interférence entre des zones favorables Ia, Ib, Ic, et Id) ou bien il a pu se produire des brassages conduisant à des mélanges en proportions variables des dépôts Ia, Ib, Ic et Id.

Toutes les interprétations précédentes ont été résumées dans un schéma théorique (Tableau n°X) où sont représentées les relations qui peuvent exister entre les différentes minéralisations.

5. 3. Position des minéralisations dans la nappe de Gador.

Il faut rappeler que la zone de la Estrella se situe dans le domaine de la nappe de Gador où les séries carbonatées les plus puissantes ont été observées. C'est également au NE et au SW de cette zone qu'ont été observées des diabases interstratifiées dans la série.

Tectoniquement, c'est à l'W de la zone de la Estrella que le contact de la nappe de Felix recoupe obliquement la série carbonatée de la nappe de Gador et une série de grandes failles post-nappes affecte l'extrémité occidentale de la zone.

Il faut examiner l'importance de ces différents points.

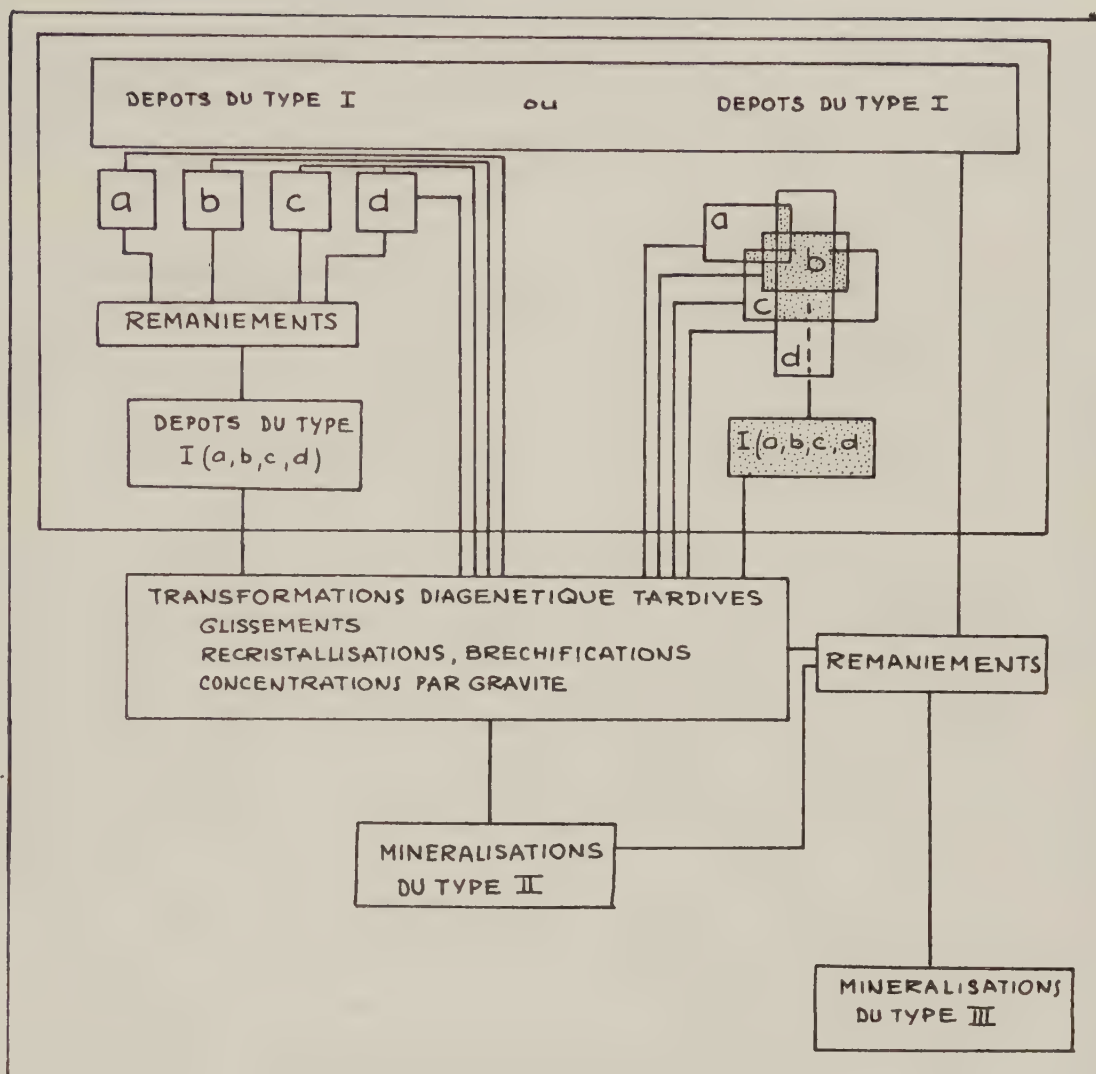


Tableau X. — Relations entre les différentes minéralisations de type I.

Le fait que des exagérations locales de la subsidence aient été observées dans la zone de la Estrella confirme l'existence du domaine plus subsident au Trias mis en évidence lors de l'étude régionale. De plus, l'orientation probable de l'aire où se constitue la "franciscaine" et les brèches coïncide en gros avec celle du domaine à série plus puissante (Pl. XVII et XVIII). Les minéralisations riches en galène et fluorine apparaissent donc liées dans cette nappe à un domaine où la subsidence aura été la plus forte pendant le Trias, saccadée sous faible tranche d'eau à la fin de l'époque t_{2b}.

Sur le terrain, il n'y a pas de relation observable entre la minéralisation et les diabases. Ces dernières, on l'a vu, se mettent en place au-dessus ou à la limite t_2/t_3 c'est-à-dire après les minéralisations. La présence des minéralisations et des diabases dans la même zone témoigne de l'existence d'une aire très instable au Trias, représentée actuellement dans la partie occidentale de la Sierra de Gador et dans la nappe du même nom.

A l'W de la zone de la Estrella, le contact recoupe la série carbonatée et les horizons minéralisés. A la Loma la Puerca en particulier, le phénomène est bien observable : sous les phyllites de la nappe de Felix, on peut observer un niveau riche en fluorine, broyé, au même titre que les dolomies encaissantes, au point que seul l'aspect en carte de la disposition de ce niveau, peut encore faire apparaître sa concordance dans les dolomies noires (t2b).

La bordure occidentale de la zone de la Estrella est affectée par de grandes failles NS ou N NW-SSE. Leurs effets sur la minéralisation sont particulièrement bien observables dans la galerie "Benito" où elles décalent cette dernière et la remanient dans les brèches où l'on trouve des blocs de dolomie minéralisée (minéralisation du type II et du type I) emballés dans un mélange de débris de toutes les roches encaissantes. Dans ces failles se produisent fréquemment des cristallisations de "calcite froide" emballant des débris de dolomies, de fragments de galène de la taille d'un pois ou des fragments de roches à fluorine.

Dans une discussion syngénèse - épigénèse au sujet de ces minéralisations, il y a là quelques arguments importants à verser au dossier en faveur de la syngénèse : elles sont antérieures à la mise en place des nappes et par conséquent à la tectonique cassante plus récente. Par ailleurs, ils permettent de rejeter encore l'hypothèse d'une relation entre l'origine des minéralisations et les contacts anormaux émise par J. SIERRA LOPEZ et al. (1967).



CHAPITRE XV

LA MINE DE COTO-LAISQUEZ

1 – SITUATION GEOGRAPHIQUE ⁽¹⁾

La petite mine de plomb de Coto-Laisquez (actuellement abandonnée) se situe à l'E d'Almeria, en Sierra Alhamilla, presque sur l'arête sommitale de ce grand relief. Elle est à peu près à égale distance entre le village de Turrillas au NW et le bourg de Nijar au SE (fig.200).

On y accède par une piste qui part du village de Turrillas, escalade le versant septentrional de la Sierra et redescend vers la mine située à environ 1000 m d'altitude.

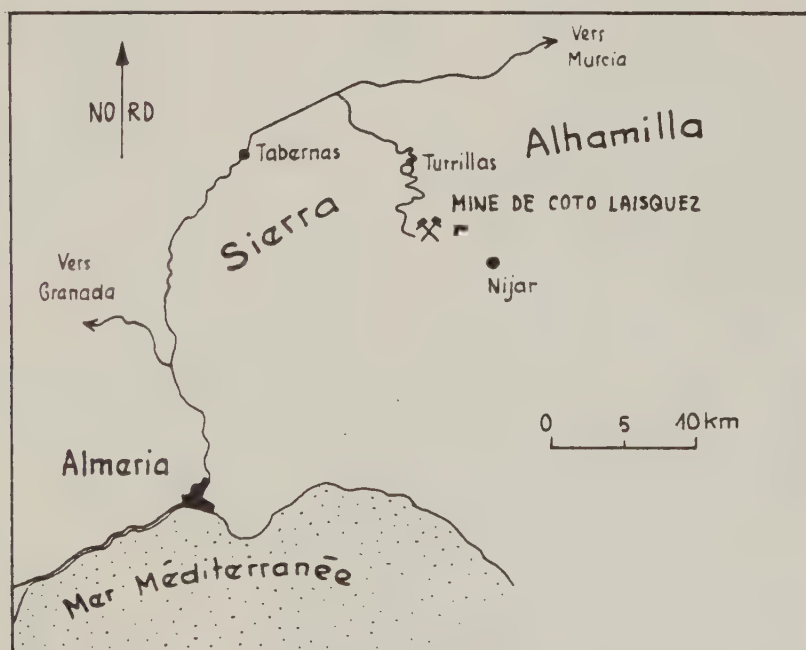


Fig. 200. — Localisation géographique de la mine de Coto-Laisquez.

(1) Une description de ce petit gisement a déjà été donnée (M. WEPPE et J.P. JACQUIN, 1966) sur laquelle il faut revenir pour la compléter.

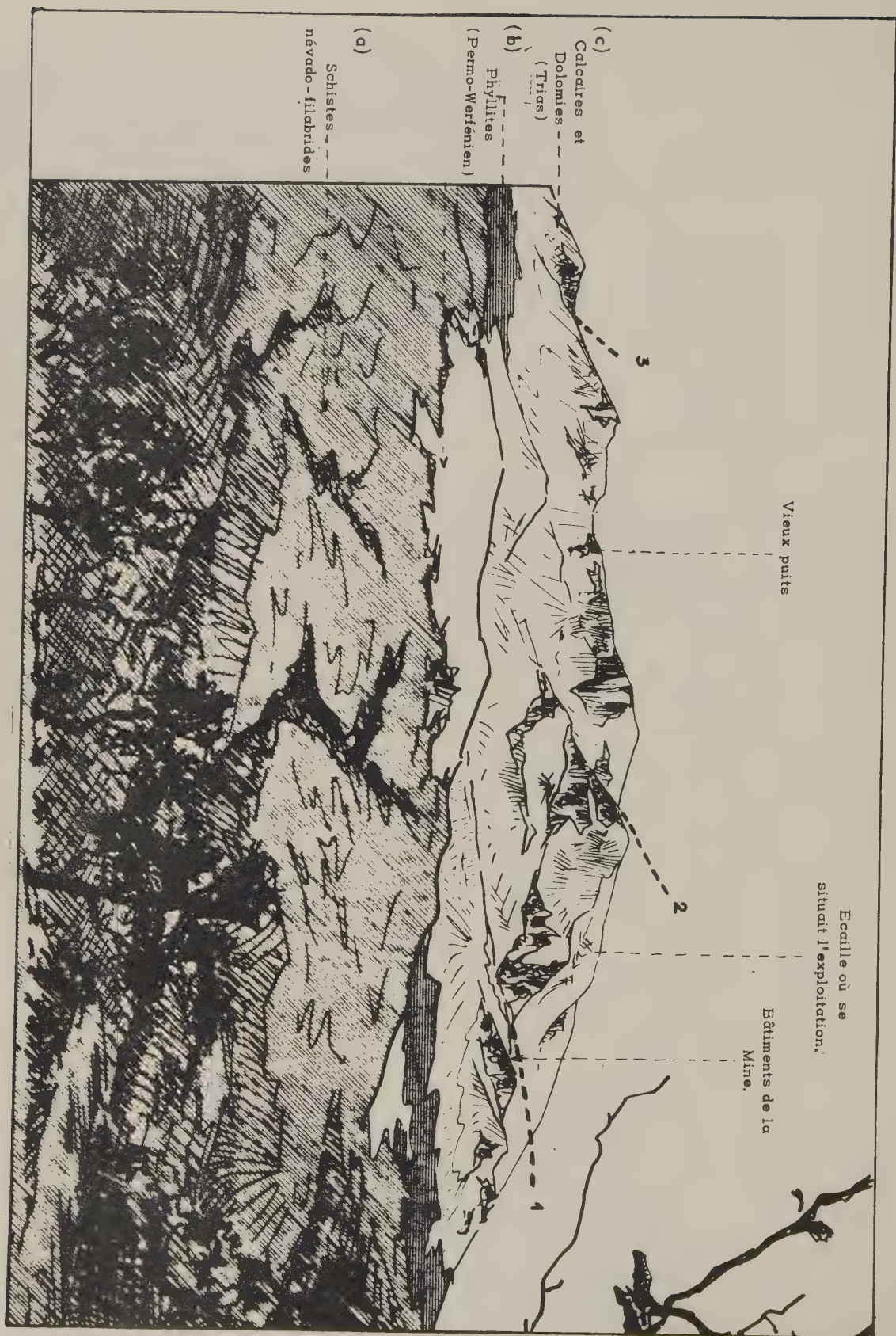


Fig. 201. — Les écaïlles des environs de Coto-Laisquez (Sierra Alhamilla - Nappe de Gador).

- (a) Schistes névado-filabrides. (b) Phyllites de la nappe de Gador (Perno-Werfénien).
(c) Série carbonatée (Trias).
1, 2, 3. Chevauchements.

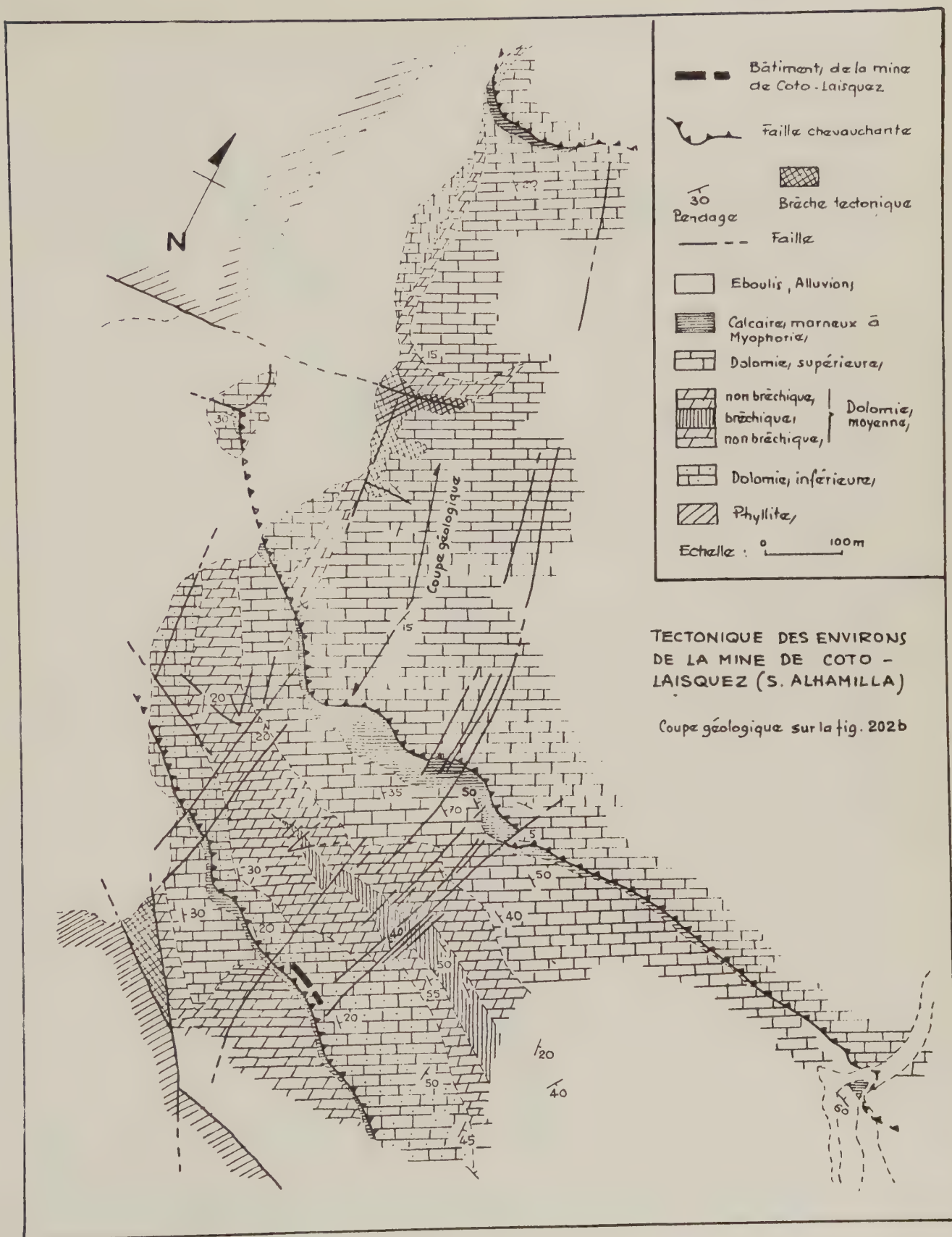


Fig. 202 a.-Tectonique des environs de la mine de Coto-Laisquez (Sierra Alhamilla).

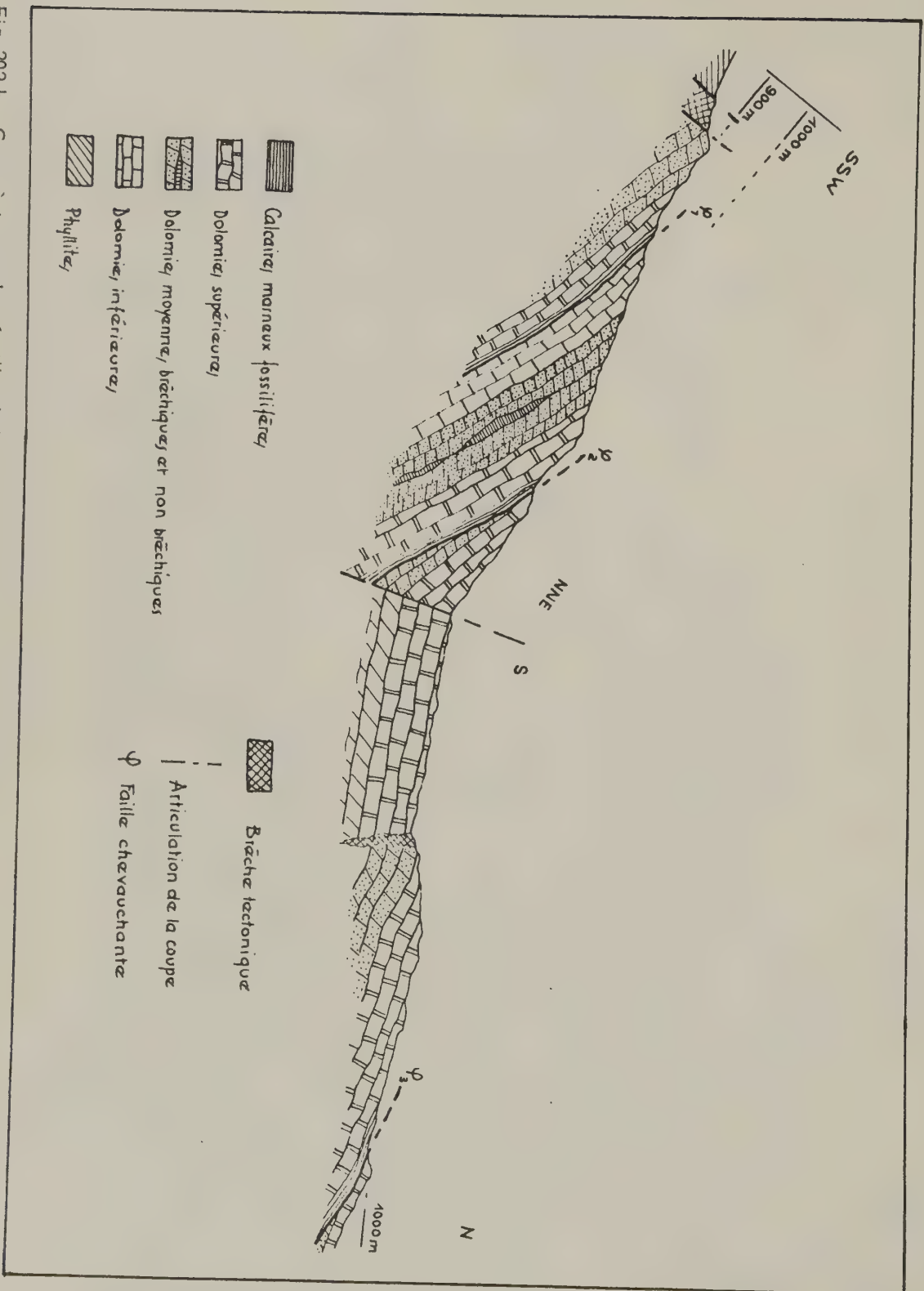


Fig. 202 b. - Coupe à travers les écaïlles de la mine de Coto-Laisquez (Sierra Alhamilla).

2 — SITUATION GEOLOGIQUE

Le cœur de l'anticlinal de la Sierra Alhamilla est constitué par des formations que je rattache aux Névado-Filabrides (schistes, quartzites et marbres) surmontés par une série comprenant des phyllites puis des roches carbonatées. Je rattache ces dernières formations à la nappe de Gador en raison de leur position sur les Névado-Filabrides et surtout à cause de la parenté des faciès locaux avec ceux de la nappe de Gador à l'E de la Sierra du même nom.

3 — TECTONIQUE LOCALE

Dans les environs de la mine de Coto-Laisquez, la série de la nappe de Gador repose obliquement sur celle des Névado-Filabrides qu'elle recoupe : les phyllites sont plus ou moins puissantes et sont en contact avec les schistes ou les quartzites ou, localement (au N et au NE), avec les marbres, eux-mêmes plissés et pincés dans les schistes.

Au-dessus des Névado-Filabrides, la série de la nappe de Gador est affectée par trois grands accidents obliques qui la subdivisent en trois écailles chevauchantes vers le S (fig. 201 et 202) ; postérieurement ces écailles ont été affectées par une tectonique grossièrement NS hachant l'ensemble des écailles en compartiments étroits et jouant parfois en " touches de piano ".

4 — MORPHOLOGIE GENERALE ET POSITION DANS LA SERIE DES CORPS MINERALISES

Une image simplifiée de la série de Coto-Laisquez a été donnée au chapitre VIII du Tome I. Cette série peu épaisse (130 m au minimum) comprend de bas en haut :

- phyllites bleutées ou roses (t₁) ;
- dolomies, dolomies argileuses parfois légèrement calcaires (t₂) ;
- dolomies (t₂) ;
- dolomies siliceuses ou bréchiques (t₂) ;
- calcaires (t₃) ;
- calcaires marneux à Myophories (t₃) ;

La minéralisation se dispose dans deux horizons bréchiques dolomitiques superposés à l'E et se rejoignant à l'W sur un niveau pauvre, silicifié et ferrugineux

reposant sur des dolomies brunâtres. Les deux niveaux minéralisés sont séparés par des dolomies non bréchiques et ont été dénommés "couche basse" et "couche haute" par les mineurs.

L'aspect spatial de ces deux couches est donné par les fig. 204 et 205 sur lesquelles on les voit se rejoindre vers l'extrémité SSW du gisement, c'est-à-dire dans la région des affleurements occidentaux, en particulier. De plus, ces coupes montrent que les deux couches ne sont pas toujours séparées par la même distance, qu'elles peuvent présenter des ondulations parallèles ou indépendantes et qu'elles butent contre des accidents les modifiant en dehors des accidents qui les décalent ensemble.

5 — NATURE DE LA MINERALISATION

Les niveaux bréchiques minéralisés renferment essentiellement de la galène et de la cérusite. Dans la zone où ils se rejoignent, et en quelques points du gisement, on trouve aussi de la barytine et de la malachite, enfin, très accessoirement, du chrysocolle et de la pyromorphite. La fluorine, exceptionnelle, n'a été trouvée qu'à l'W du gisement, à l'endroit où la brèche unique est très mince et dans la mine, dans les argiles d'un remplissage de faille.

6 — LA SERIE DE COTO-LAISQUEZ. CADRE SEDIMENTOLOGIQUE DES MINERALISATIONS.

Deux coupes (distantes d'environ 300 m) ont été relevées dans l'écaille où se situait l'exploitation ; elles traversent les brèches minéralisées (coupe 1, fig. 206 a, b, c ; coupe 2, fig. 207 a, b, et c). La coupe 1 a été relevée à l'W des bâtiments de la mine, dans la zone où les deux niveaux de brèche minéralisée se rejoignent. La coupe 2 a été relevée immédiatement à l'E des bâtiments de la mine (fig. 202 a).

6. 1. Coupe 1. Commentaire et interprétation.

Dès sa base, la série carbonatée est à dominante dolomitique et durant les premiers mètres, les dolomies sont très argileuses et riches en quartz détritiques, rappelant ceux de la série détritique t1. Les dolomies se déposent en lits minces, plus ou moins riches en argiles. Les dolomies les plus pures sont généralement grises tandis que celles qui sont riches en argile et en quartz ont une teinte jaune,

rose ou orangée. La régularité des alternances est fréquemment interrompue par des figures de glissement ou par des épisodes de brèches intraformationnelles témoignant de la reprise de sédiments encore mous (niveaux 3 à 12).

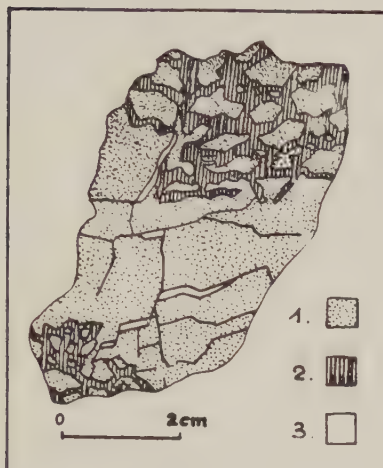


Fig. 203. — Détail de la partie supérieure du niveau 18 de la coupe 1.

1. Dolomie grise à grain fin.
2. Mélange de carbonate et d'argile ferrugineux.
3. Calcite.

Du niveau 13 au niveau 20, les dolomies sont beaucoup plus pures que dans les horizons sous-jacents. Localement, elles présentent des recristallisations leur donnant un aspect de "franciscaine naissante"; les recristallisations n'y sont jamais très denses. Au niveau 18, un horizon brunâtre vient s'intercaler pouvant représenter une brèche de dissolution remplie par une dolomie identique à la roche sous-jacente et cimentée par un mélange de carbonate et d'argile très ferrugineux (fig. 203).

Les niveaux 21 et 22 sont constitués par des dolomies grises ou brunes, de plus en plus siliceuses. Le niveau 22 renferme de la galène en petite quantité. Cet horizon rappelle les roches dolomitiques riches en silice et galène décrites dans la zone de la Estrella avec

cette différence qu'ici, il est très ferrugineux et renferme de la malachite. Le quartz semble envahir peu à peu le niveau sous-jacent sous la forme de nombreux filonnets disséquant la dolomie. Latéralement, à l'W, ces faciès (21 et 22) sont remplacés par des dolomies siliceuses à surface tourmentée, recouverte par des argiles rouges. Ces faits évoquent la présence, ici, d'une surface durcie, silicifiée (J.P. JACQUIN, 1968) sur laquelle aucun argument n'a été trouvé permettant de l'interpréter avec certitude comme un niveau d'émersion.

Au-dessus de ces niveaux, la sédimentation dolomitique reprend et se traduit d'abord par des dolomies très riches en quartz renfermant de nombreuses passées bréchiques (23 à 27) puis par des dolomies grises, pures (28 à 31). Un dernier épisode dolomitique est encore marqué par des intercalations bréchiques.

Au sommet de la coupe, des calcaires réapparaissent, de plus en plus marneux, puis des marnes jaunes, riches en Myophories. C'est dans cet horizon que F. HIRSCH (1966) a décrit une nouvelle espèce : *Myophoria bética* s.p.

Cette coupe montre des faciès très comparables à ceux de la Sierra de Gador mais une puissance particulièrement réduite (130 m). D'autre part, elle renferme assez peu de dolomies pures et beaucoup d'intercalations bréchiques.

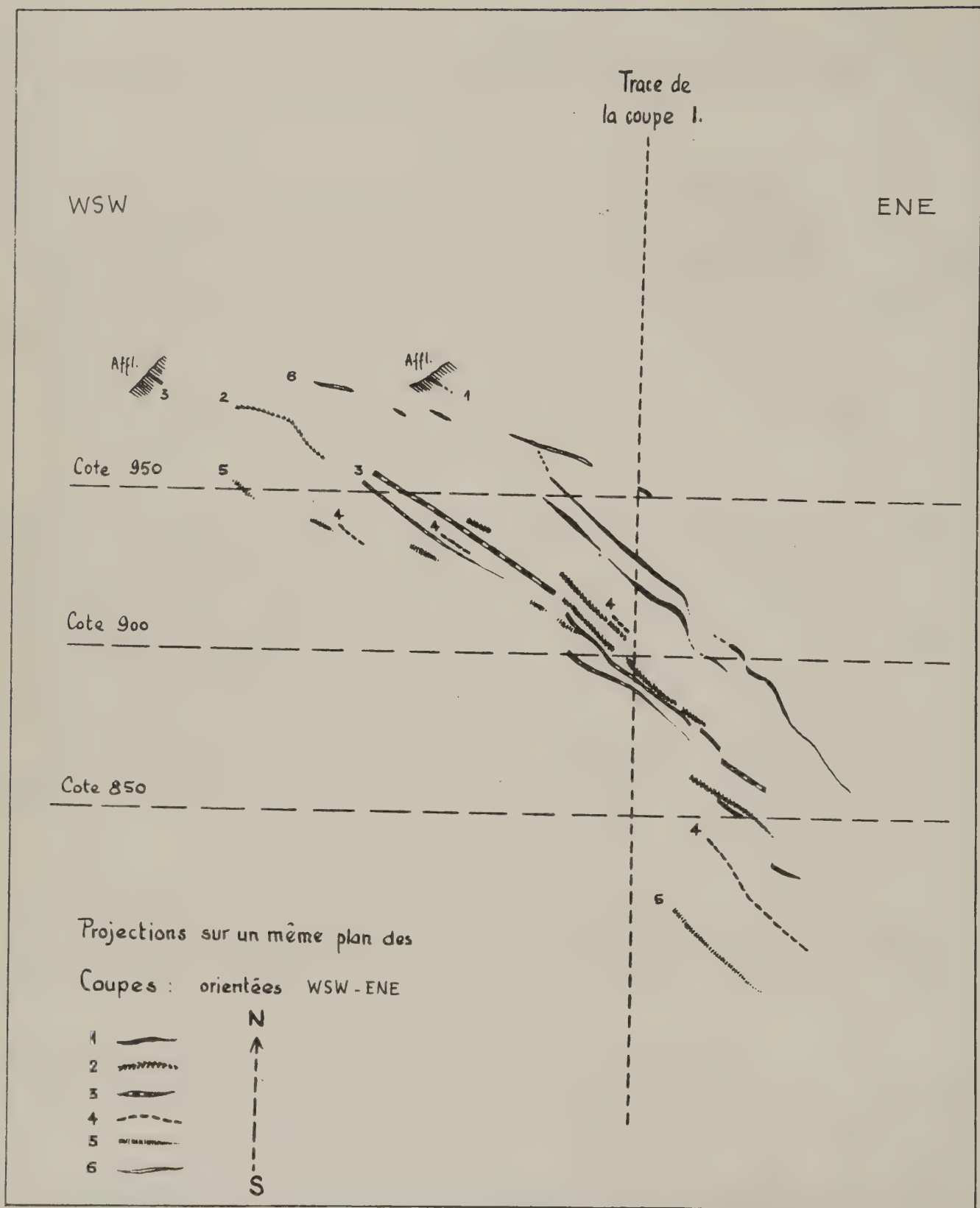


Fig. 204. — Coupes à travers le gisement de plomb de Coto-Laisquez (Sierra Alhamilla) montrant l'allure des horizons minéralisés exploités.

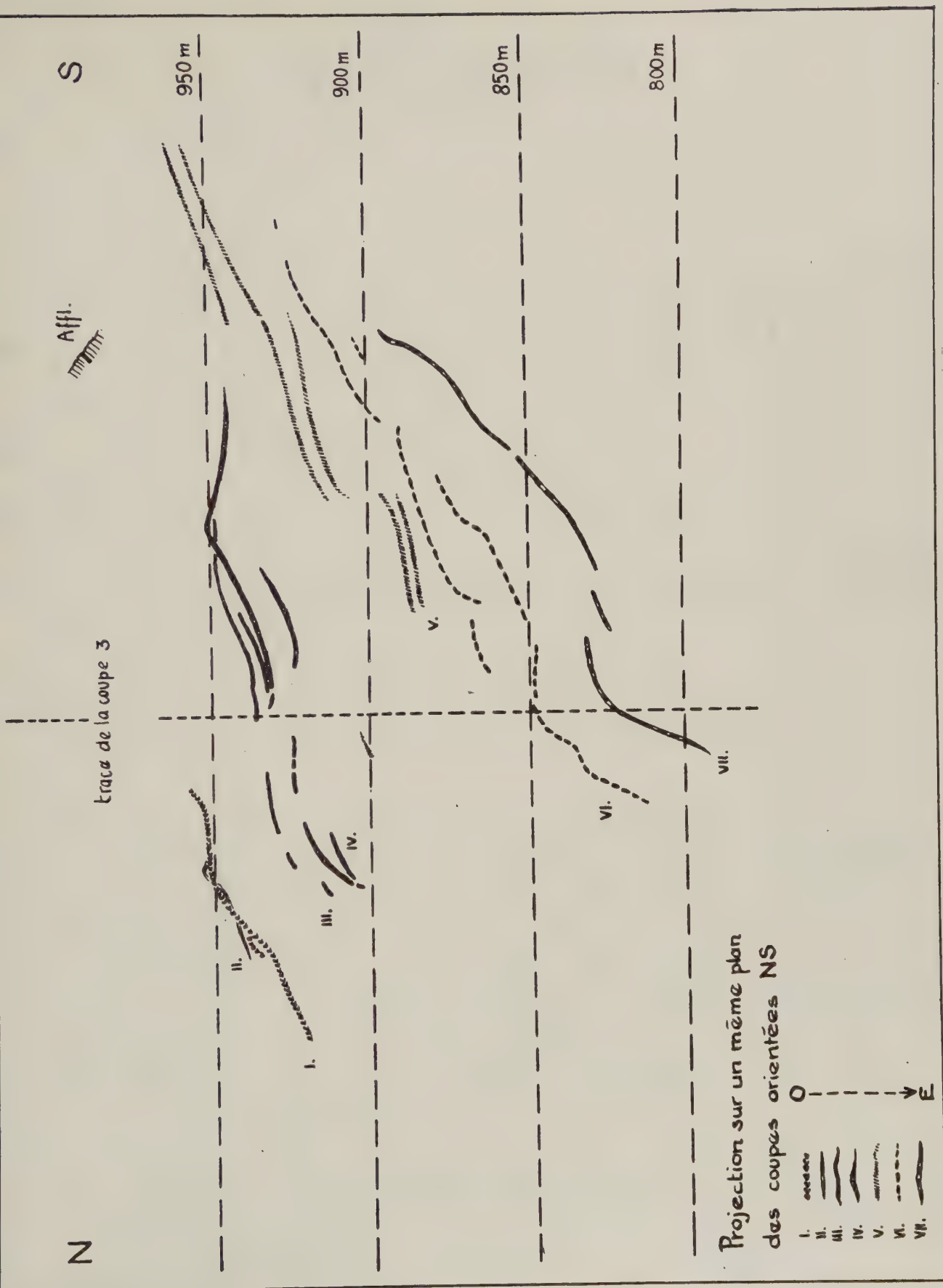
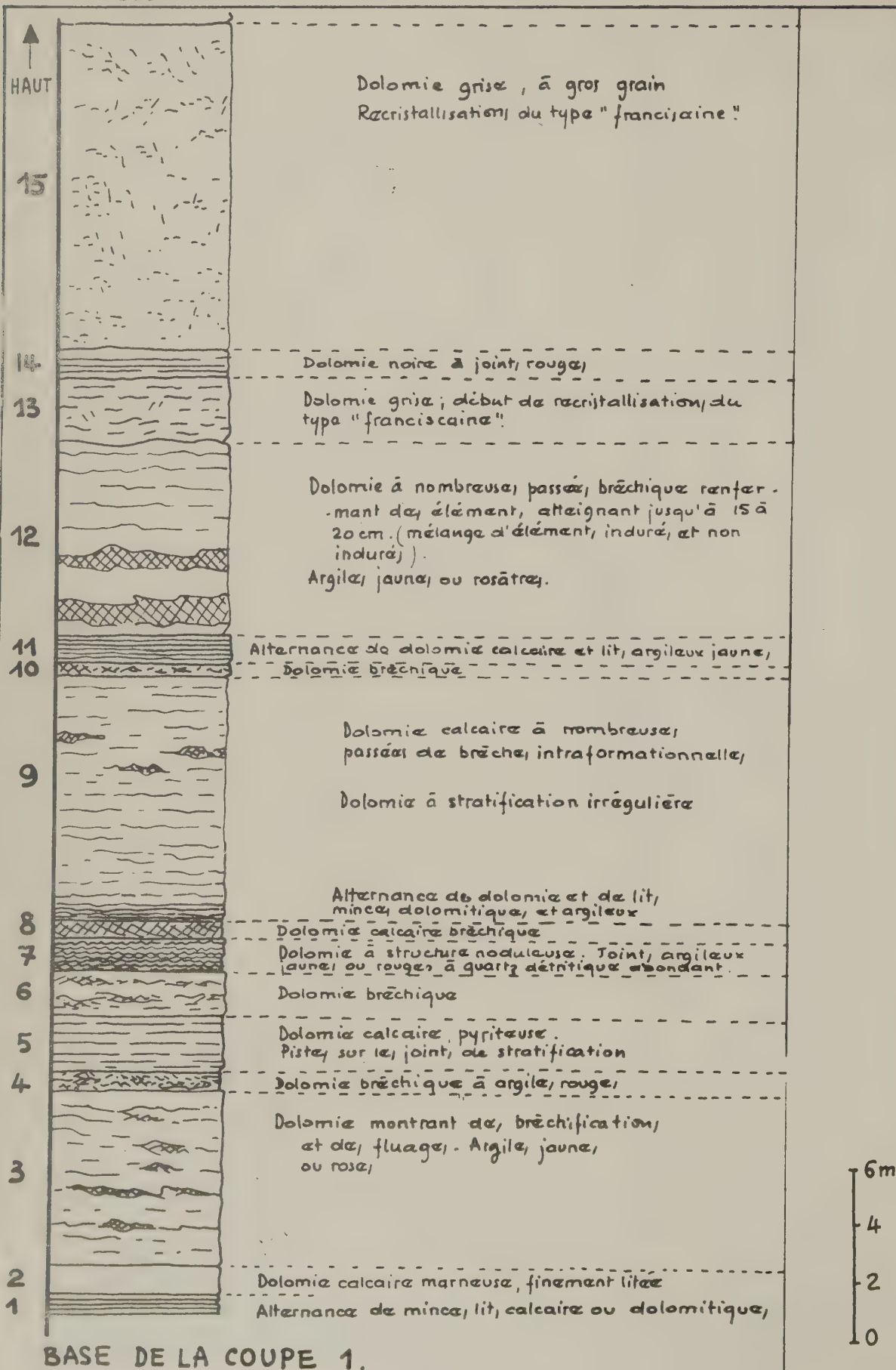


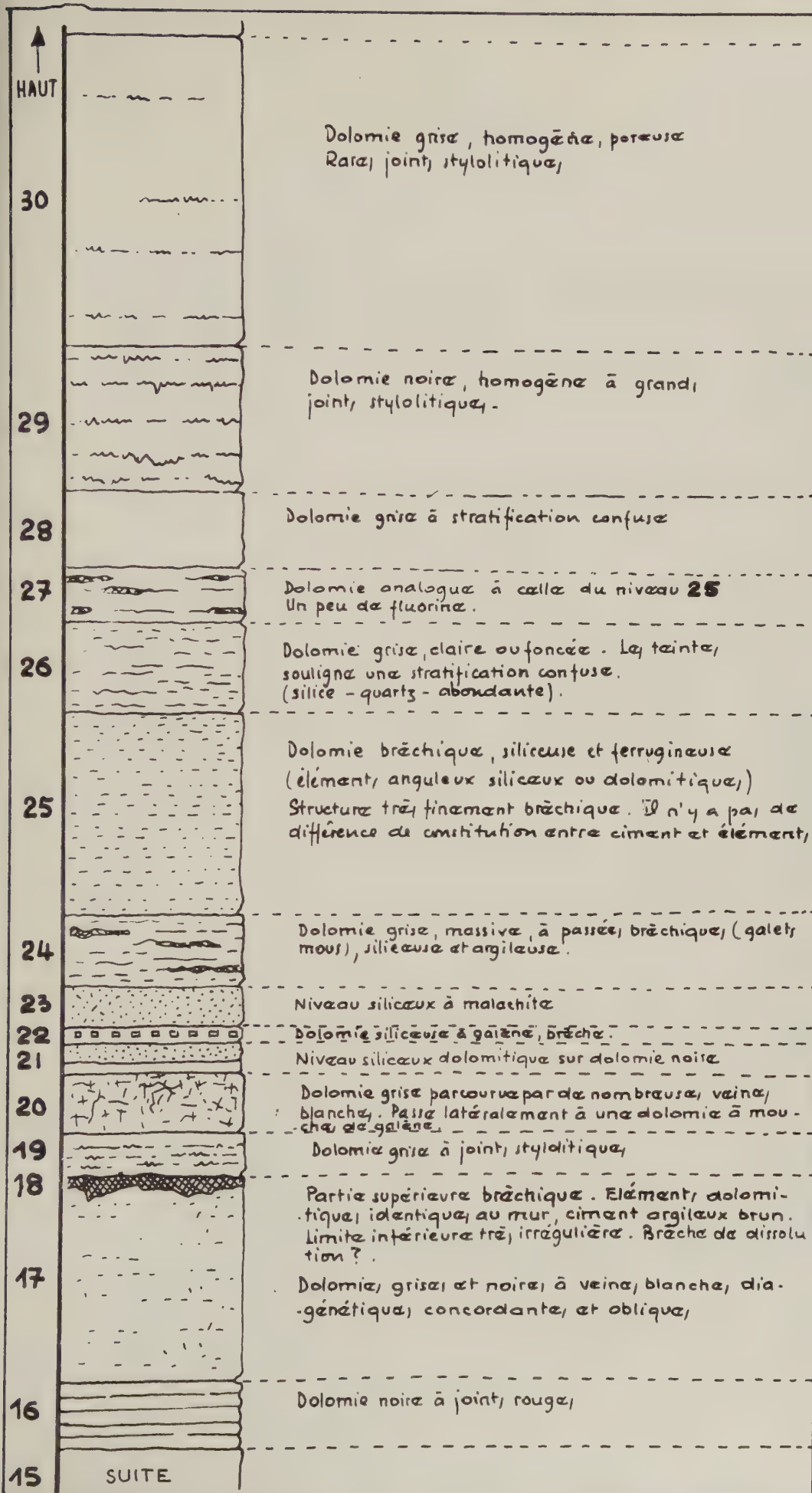
Fig. 205. — Coupes à travers le gisement de plomb de Coto-Laisquez (Sierra Alhamilla) montrant l'allure des horizons minéralisés exploités.



BASE DE LA COUPE 1.

Fig. 206 b

Coupe 1

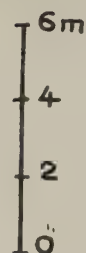


6m
4
2
0

HAUT



Echelle
pour toute la
coupe.



SOMMET DE LA SERIE LOCALE

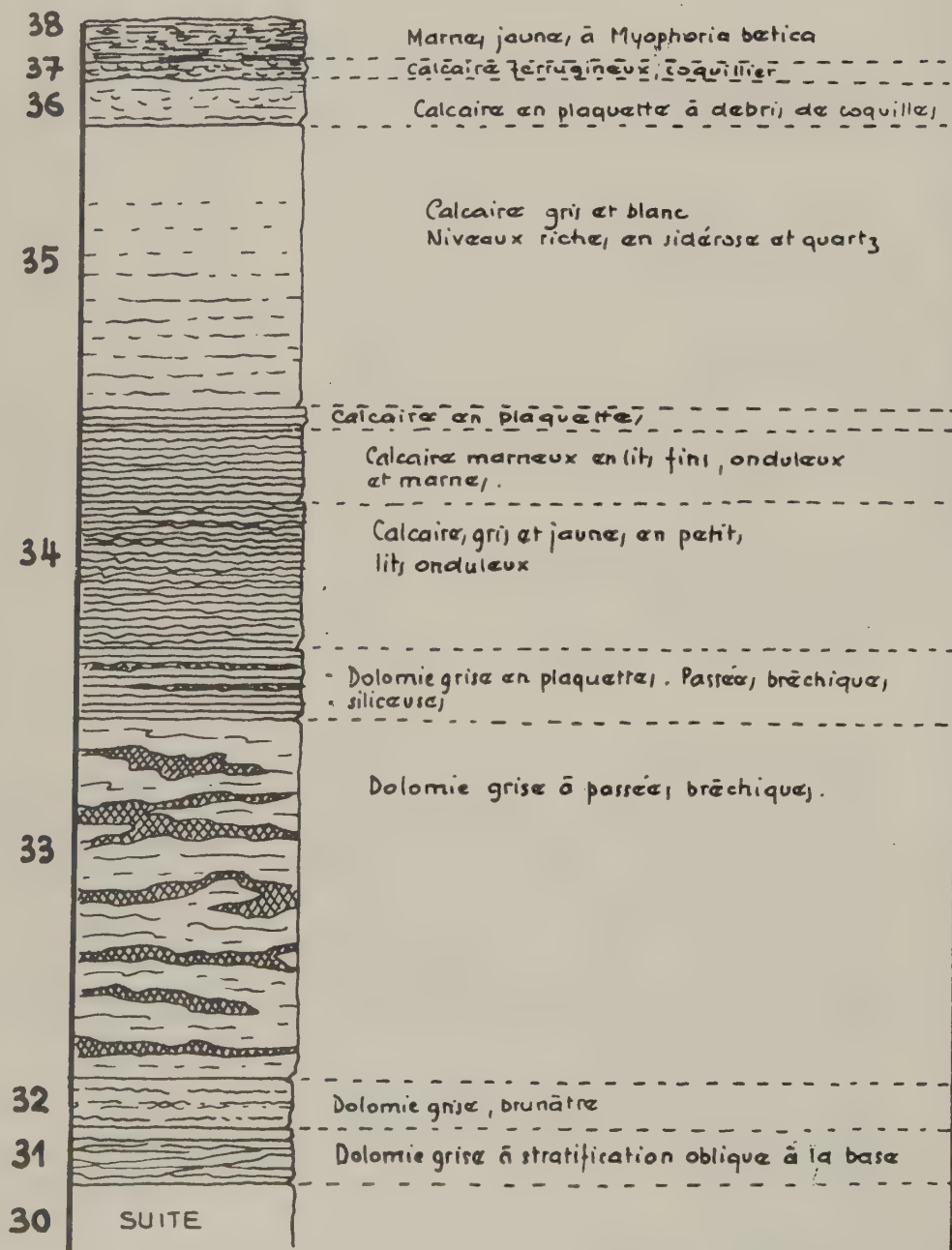
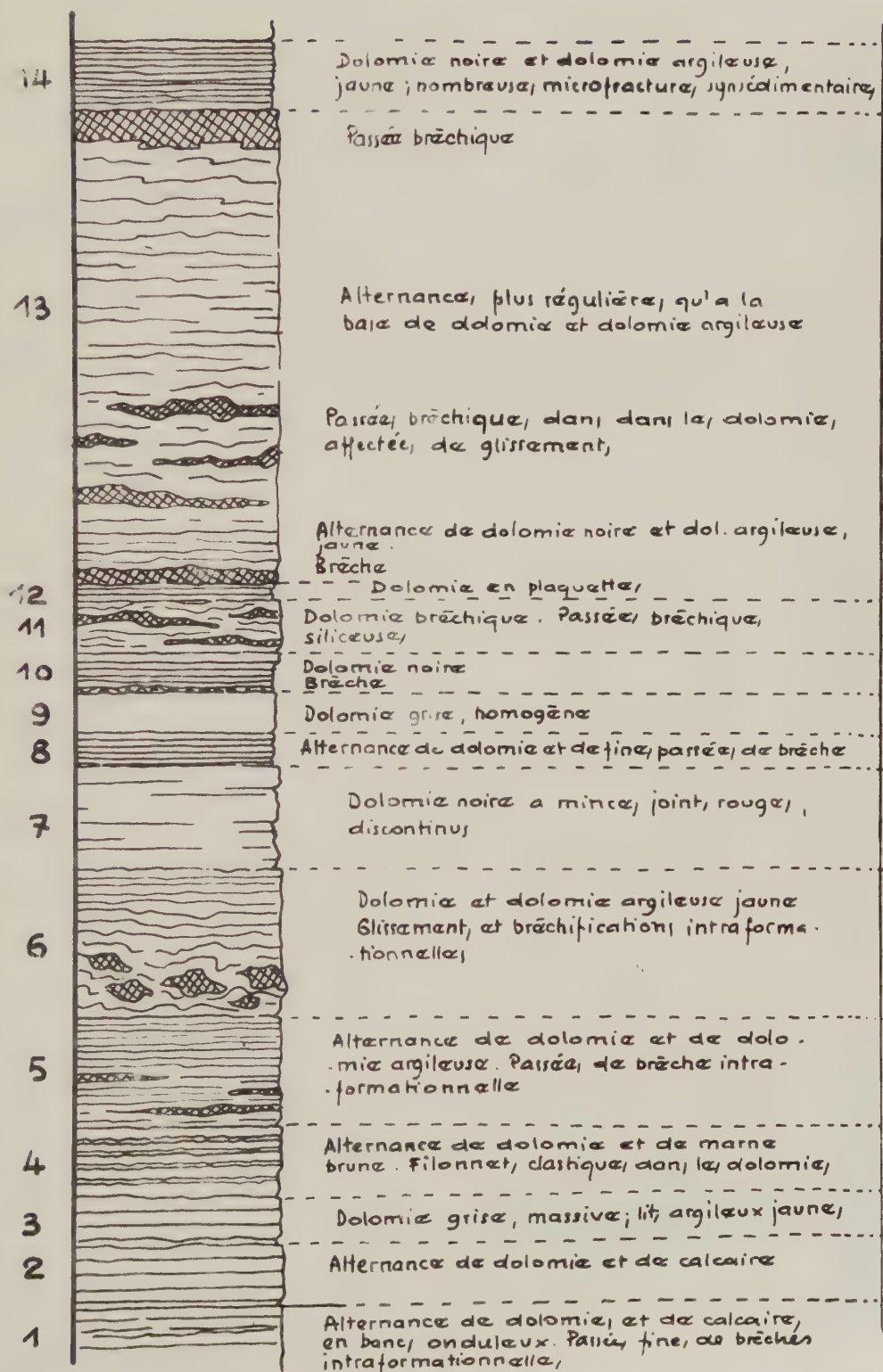


Fig. 207 a
Coupe 2



BASE DE LA COUPE 2

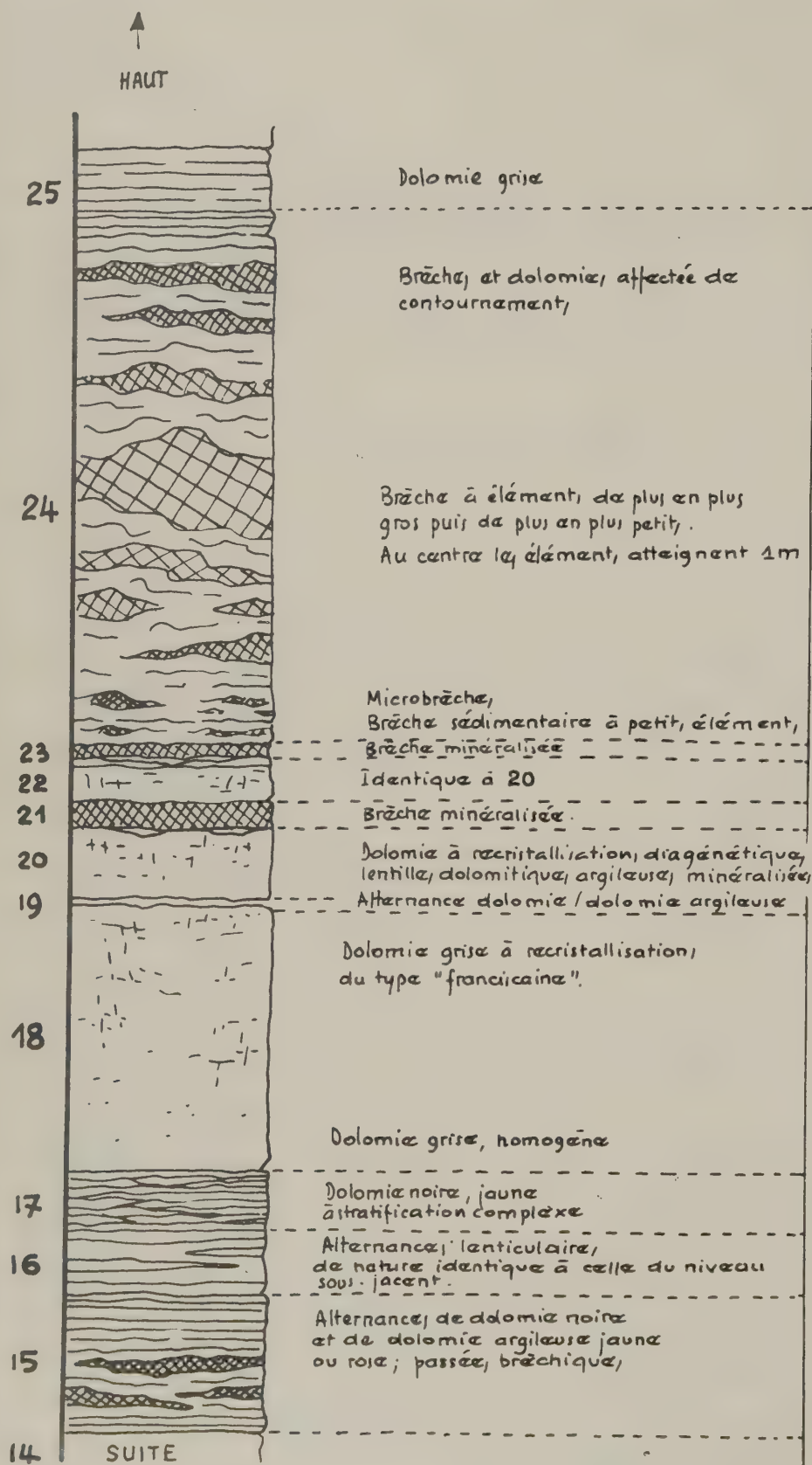
10m

Echelle
pour
toute la
coupe

0

Fig. 207 b

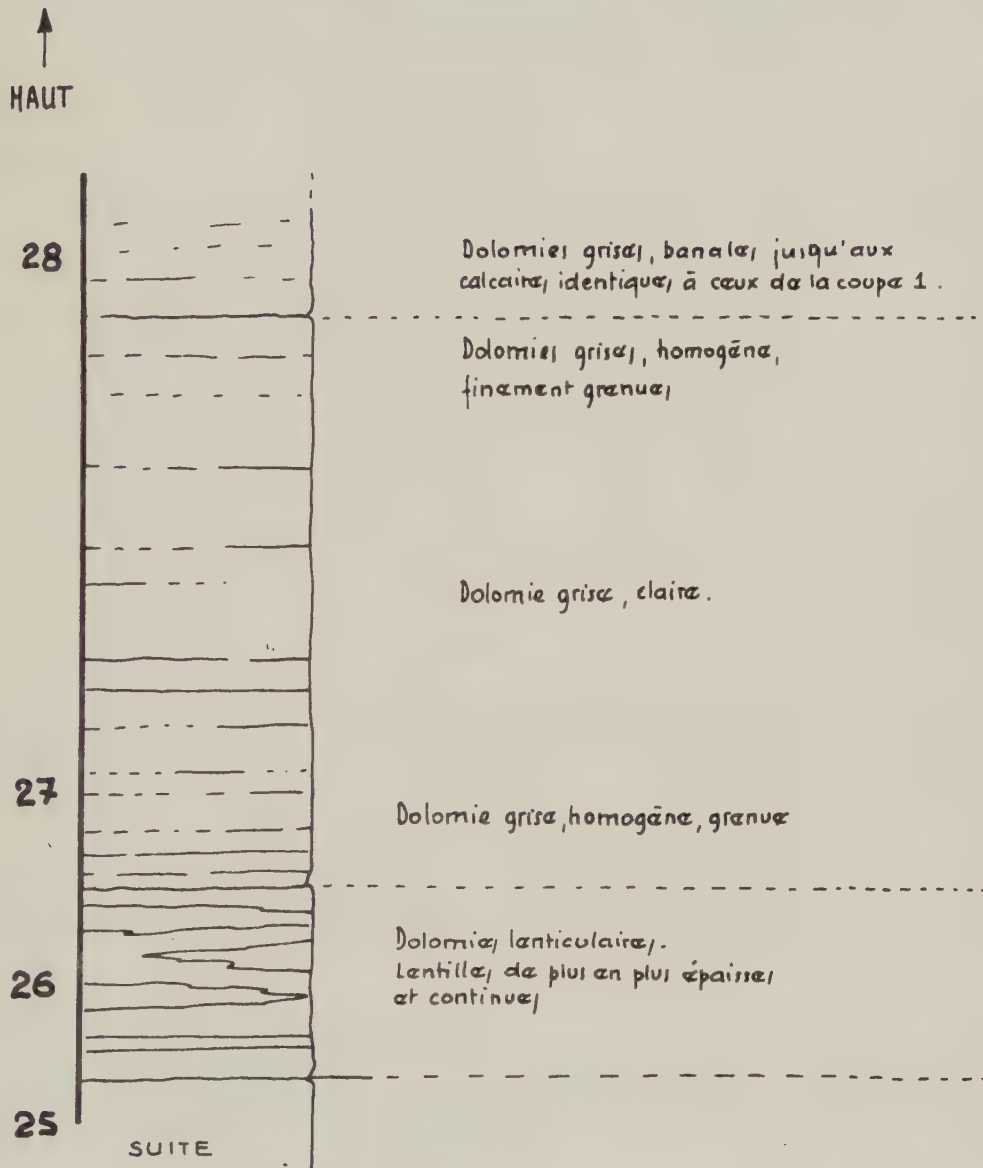
Coupe 2



VOIR DETAIL SUR LA FIGURE 209

Fig. 207c

Coupe 2



Les brèches se divisent en deux types : la brèche du niveau 18 qui pourrait être une brèche de dissolution et toutes les autres, caractérisées par le fait qu'elles contiennent des éléments remaniés dans un état non induré, et de même nature que leur ciment ou leur support. Très souvent, on peut observer sur un même niveau le passage progressif des glissements aux brèches.

L'ensemble de la coupe traduit une sédimentation triasique réduite, accompagnée d'arrêt prolongé et de remaniements in situ dont on va pouvoir observer encore mieux les conséquences sur la coupe 2.

6. 2. Coupe 2. Commentaire et interprétation.

Jusqu'au niveau 20, la coupe 2 montre une succession de faciès à peu près comparable à la base de la coupe 1 (jusqu'au niveau 17) mais où les brèches intraformationnelles sont plus nombreuses et plus puissantes. Dans le détail, les dépôts sont fréquemment affectés de microfailles synsédimentaires (fig. 208) et, enfin, le toit des dolomies du niveau 30 présente des ondulations d'amplitude variable conférant un aspect tourmenté à une surface dont les creux sont occupés par une dolomie noire à joints argileux jaunes minéralisés en galène, cérusite, et contenant un peu de malachite (fig. 209).

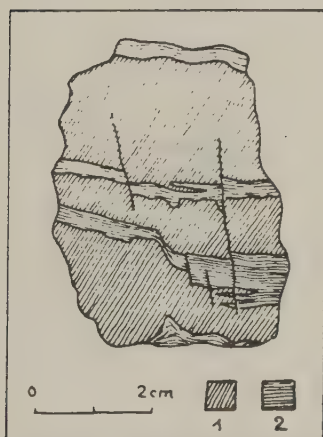


Fig. 208. — Microfaune synsédimentaire dans le niveau 4 de la coupe 2.

1. Dolomie grise.
2. Dolomie jaune, argileuse.

L'horizon 21 représente un premier épisode de brèche minéralisée en galène et cérusite. Il est surmonté par des dolomies grises ou noires, à grain fin renfermant souvent des joints stylolitiques soulignés par des produits ferrugineux rouges. Localement, ces dolomies montrent des bréchifications et des recristallisations traduisant semble-t-il des tassements différentiels. Ce sont ces dolomies qui disparaissent vers l'W, sur les affleurements, peu avant la coupe 1.

Le deuxième niveau minéralisé (23) est constitué à la base par une dolomie argileuse noire à patine jaune contenant des amas nuageux de galène puis par un niveau de brèche surmonté lui-même par d'autres brèches à éléments de très petite taille, dolomitiques ou des dolomies en petits bancs, à joints rouges.

Dans le niveau 24, débutant par des microbrèches, la taille des éléments grandit jusqu'au centre de la formation, puis décroît. Les brèches du niveau 24 renferment des éléments anguleux (roches déjà indurées) mélangés à des galets mous et des blocs constitués eux-mêmes par un matériau bréchique témoignant de l'histoire complexe de cette formation.

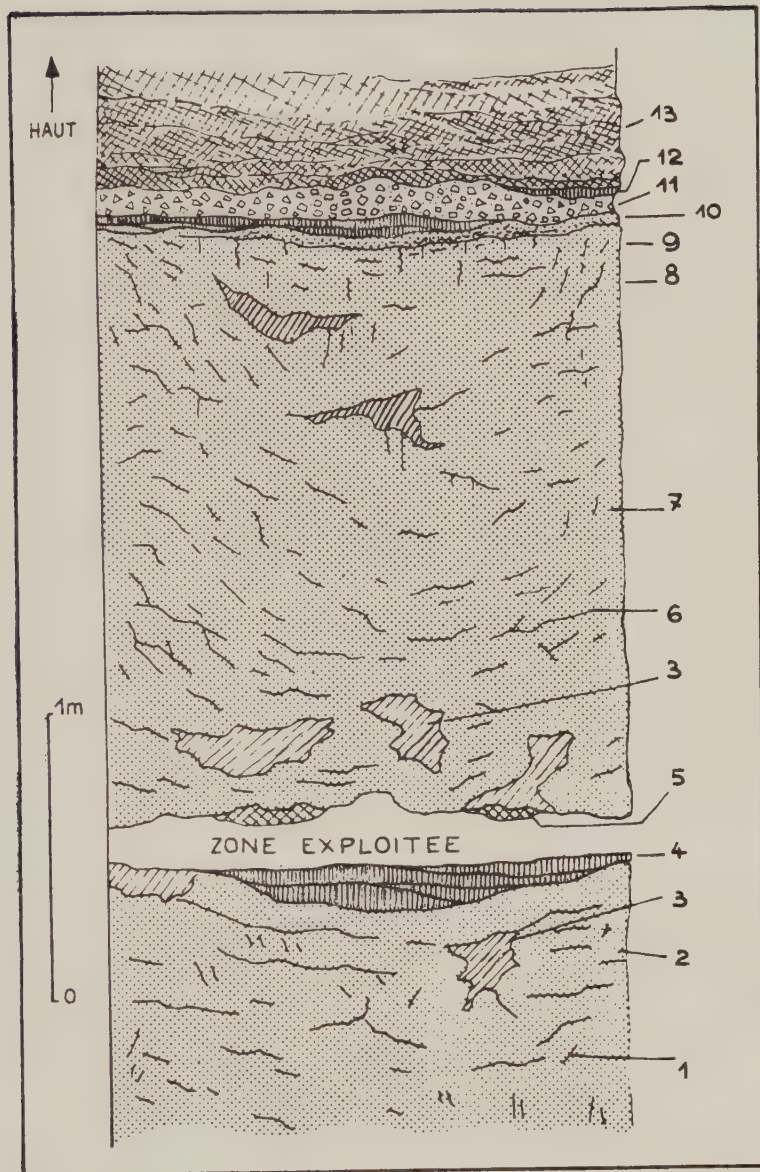


Fig. 209. — Détail de la fig. 207 c. (niveaux 20 à 24).

1. Veines dolomitiques blanches parallèles ou obliques sur la stratification ;
2. Dolomie en bancs d'épaisseur irrégulière ; 3. Zone bréchique (brèche de dissolution ?) 4. Petites lentilles dolomitiques noires à joints dolomitiques et argileux jaunes, riches en malachite ; la dolomie renferme un peu de galène ;
5. Brèche minéralisée ; 6 Veines dolomitiques blanches ; 7. Dolomie noire à joints stylolitiques rouges : passées de brèches intraformationnelles peu épaisses ;
8. Dolomie à petits niveaux argileux rouges ; 9. Dolomie bréchique (comparable au niveau 18 de la coupe 1) ; 10. Dolomie argileuse brune ou jaune bréchique, à galène ; 11. Dolomie bréchique ; 12. Dolomie noire à joints rouges ; 13. Micro-brèches puis brèches dolomitiques.

La suite de la coupe est marquée par un retour à une sédimentation dolomitique beaucoup plus tranquille passant ensuite à une sédimentation calcaire où l'on observe des niveaux calcaires identiques aux horizons 34 à 38 de la coupe 1. Au total, en comptant les formations qui n'ont pas été représentées sur la fig. 207 c, la série atteint ici environ 160 m.

La coupe 2 montre une succession de dépôts nés dans un cadre encore plus instable que celui de la coupe 1. Elle est caractérisée par l'abondance des brèches intraformationnelles à la base et par deux niveaux de reprise de dépôts dolomitiques déjà indurés pour la plupart (21 et 23, 24) dont la base est minéralisée. Ces deux niveaux sont séparés par un épisode de calme au cours duquel se mettent en place des dolomies homogènes.

7 — LES NIVEAUX MINERALISES.

Les brèches minéralisées occupent dans la série des épaisseurs allant de quelques centimètres à l'W à plus d'un mètre et demi à l'E du gisement reconnu.

Abstraction faite de la tectonique cassante, leur forme et leur contexte dans l'écaille de la mine ont pu être reconstitués comme l'indique le schéma de la fig. 210 où elles se situent sur la bordure orientale d'un haut-fond dont l'aplomb se situerait un peu à l'W de la coupe 1.

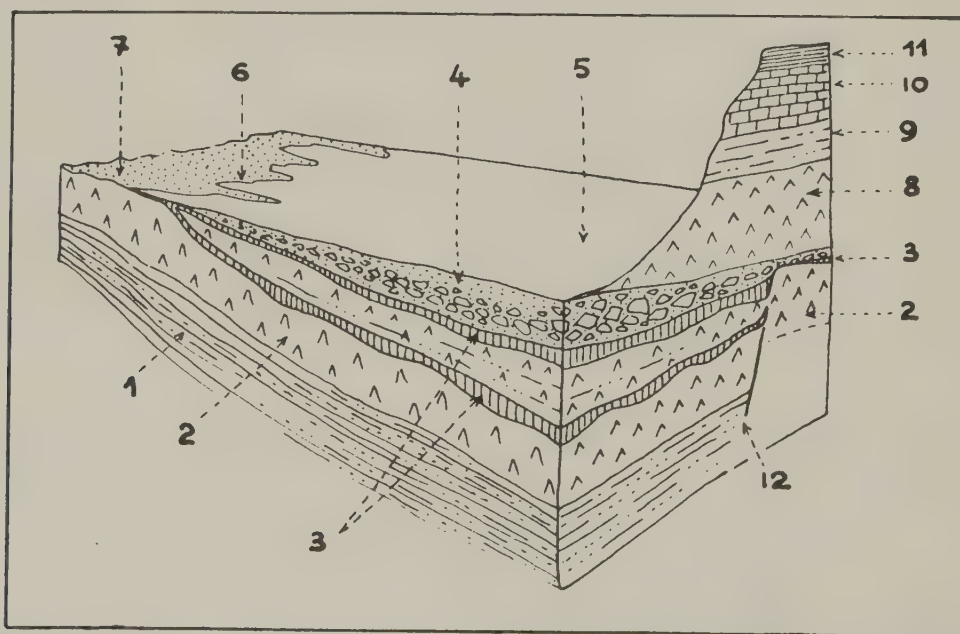


Fig. 210. — Contexte sédimentologique des minéralisations de Coto-Laisquez.

1. Calcaires, dolomies et brèches dolomitiques intraformationnelles. 2. Dolomies grises ou noires légèrement recrystallisées en "franciscaine" à la partie supérieure.
3. Brèches minéralisées. 4. Brèche dolomitique stérile. 5. Limite supérieure de la brèche. 6. Limite occidentale de la brèche stérile. 7. Surface tourmentée des dolomies recouverte d'argile rouge, silicifiée. 8. Dolomies à passées bréchiques. 9. Calcaires, calcaires marneux. 10. Calcaires marneux. 11. Marnes à Myophories. 12. Flexure synsédimentaire (avec faille sous-jacente ?).

7. 1. La teinte des brèches.

Un fait important est à noter, c'est que la teinte des brèches varie latéralement et verticalement dans les deux niveaux. Dans les zones puissantes, la teinte est généralement grise à la base, jaune au sommet. Dans la zone où couche basse et couche haute se rejoignent, et en quelques points du gisement où elles présentent une très faible épaisseur, la teinte devient brune ou même rougeâtre.

7. 2. Nature et morphologie des constituants

Une coupe typique de ces niveaux a été relevée dans un pilier du centre de l'exploitation ; de haut en bas (1 m), entre des dolomies noires à joints argileux, au toit, et des dolomies grises largement grenues, au mur, on y observe :

- microbrèche litée à éléments dolomitiques à large grain ou dolomitiques à grain très fin et argileux, à amas de cérusite et rares fragments de roche siliceuse (quartz microcristallin). La taille des éléments varie de moins de 1 mm à 15 cm. Certains sont très anguleux ou un peu émoussés (dolomies), d'autres ont la forme de galets mous (dolomies argileuses). Le ciment est constitué par de la dolomie très finement cristalline parcourue par des veines à plus large grain.

- brèche poreuse à éléments anguleux de dolomie noire, de galène altérée en cérusite sur les bords, de dolomie argileuse en galets mous de toutes tailles. Les amas de galène ont des limites très diffuses et des formes variées (fig. 211). Le ciment est constitué par une dolomie à gros grain, poreuse. La brèche est traversée par des lits très irréguliers et déformés, argileux, orangés.

- dolomie finement cristalline, noire, renfermant quelques mouches de galène, un peu siliceuse. Les bancs de 3 à 6 cm d'épaisseur sont traversés localement par des filonnets clastiques remplis par des fragments arrondis de dolomie à gros grain et cimentés par un mélange de carbonate et de produits ferrugineux.

Les coupes que j'ai pu réaliser dans la "couche haute" ont montré la même constitution avec, semble-t-il, une richesse plus grande en quartz microcristallin dans le ciment. Un échantillon prélevé dans cette dernière et soumis à une lente attaque à l'acide chlorhydrique dilué, a montré dans le résidu insoluble la présence de dragées de galène (jusqu'à 0,5 cm de diamètre). Ces dragées ressemblent tout à fait à celle qu'on peut récolter dans le torrent qui coule actuellement au S de la mine ; leur présence dans cette brèche évoque un transport court d'un minerai déjà constitué avant la formation de la brèche.

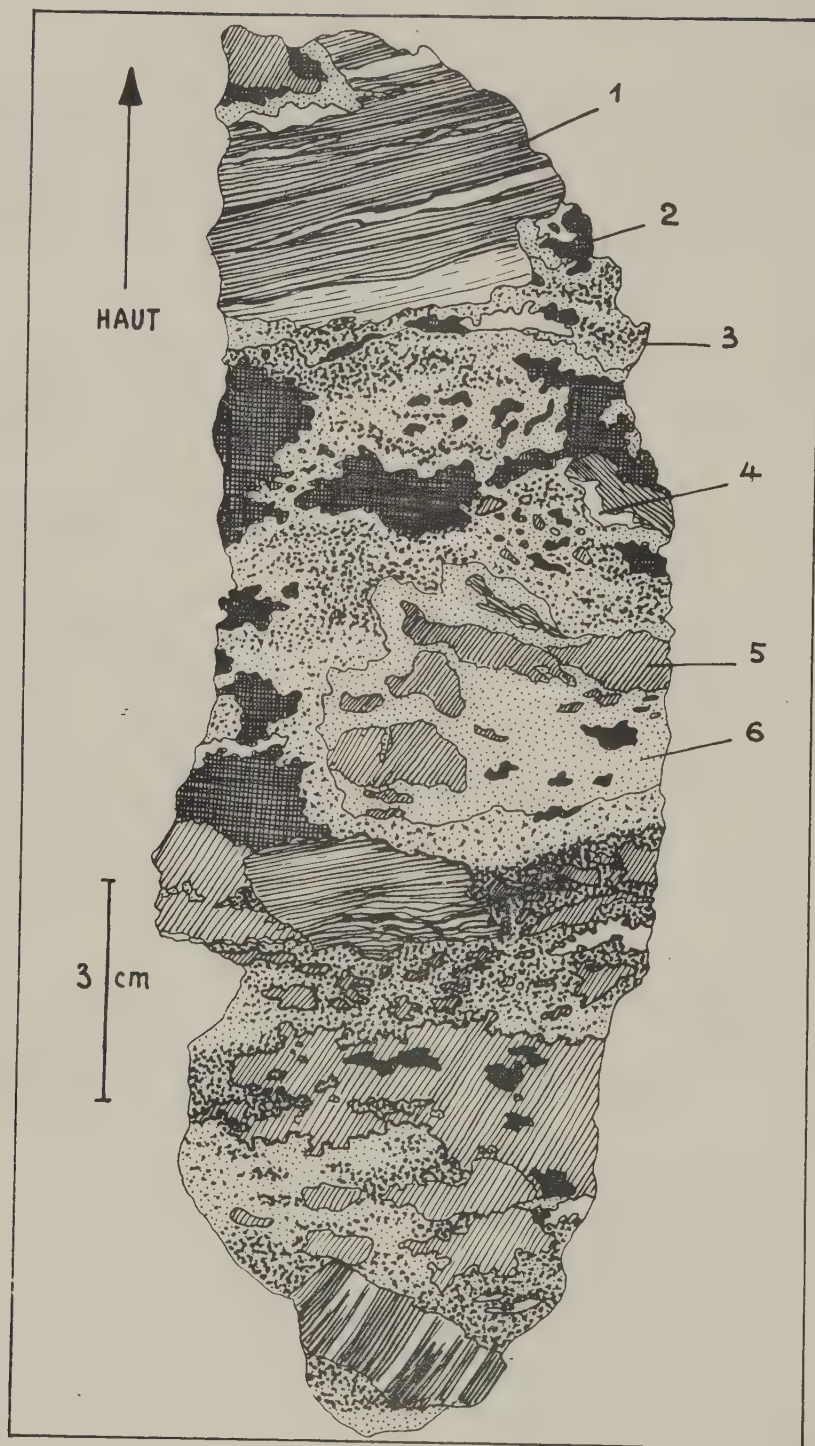


Fig. 211. — Brèche intraformationnelle minéralisée en cérusite et galène (Coto-Laisquez).

1. Fragment de dolomie, anguleux. 2. Amas de galène et de cérusite.
3. Ciment carbonaté et siliceux, riche en cérusite. 4. Dolomite.
5. Galets mous dolomitiques. 6. Ciment dolomitique, siliceux et argileux.

7. 3. Répartition des minerais dans les niveaux bréchiques et les murs dolomitiques.

Les projections des aires accessibles appartenant à la couche basse (fig.212) et à la couche haute ou à une couche indéterminée ou à l'aire où les deux couches se rejoignent (fig.213) montrent que la minéralisation des brèches et des murs dolomitiques n'est pas uniforme. D'une façon générale et surtout au centre du gisement, les zones à brèche épaisse sont minéralisées en galène et cérusite tandis que les zones à brèche réduite (sur les parties hautes des ondulations du mur) sont pauvres en galène et s'enrichissent en malachite, parfois en barytine, en même temps que les argiles deviennent plus rouges.

Sur l'extrémité occidentale du gisement, les brèches sédimentaires viennent se confondre avec des roches bréchiques siliceuses toujours très pauvres en galène mais imprégnées de malachite et même de chyscolle.

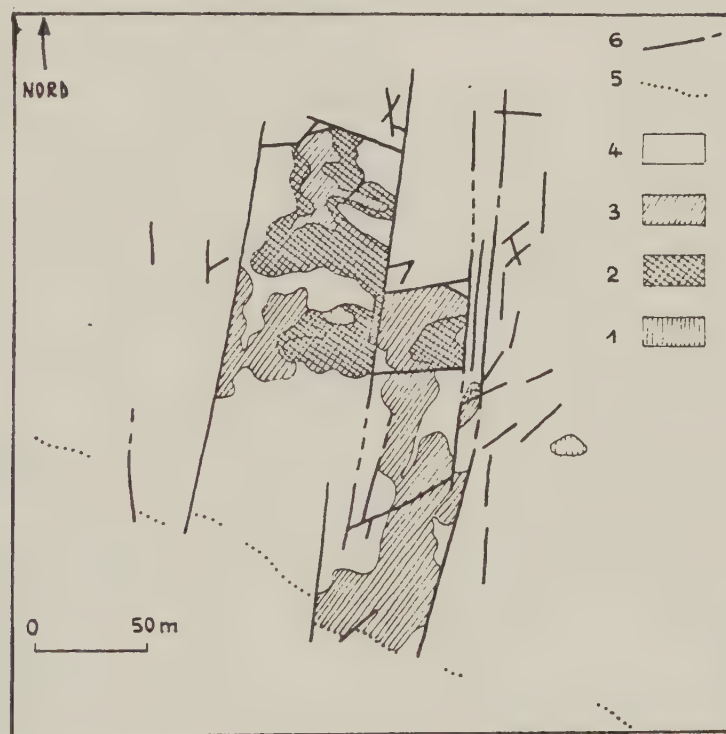


Fig. 212. — Zone minéralisée exploitée de la couche basse. Localisation des différents types de minéralisation.

1. Zone à barytine. 2. Zone à galène et malachite. 3. Zone à galène seule. 4. Zone stérile ou non exploitée. 5. Affleurement minéralisé. 6. Failles.

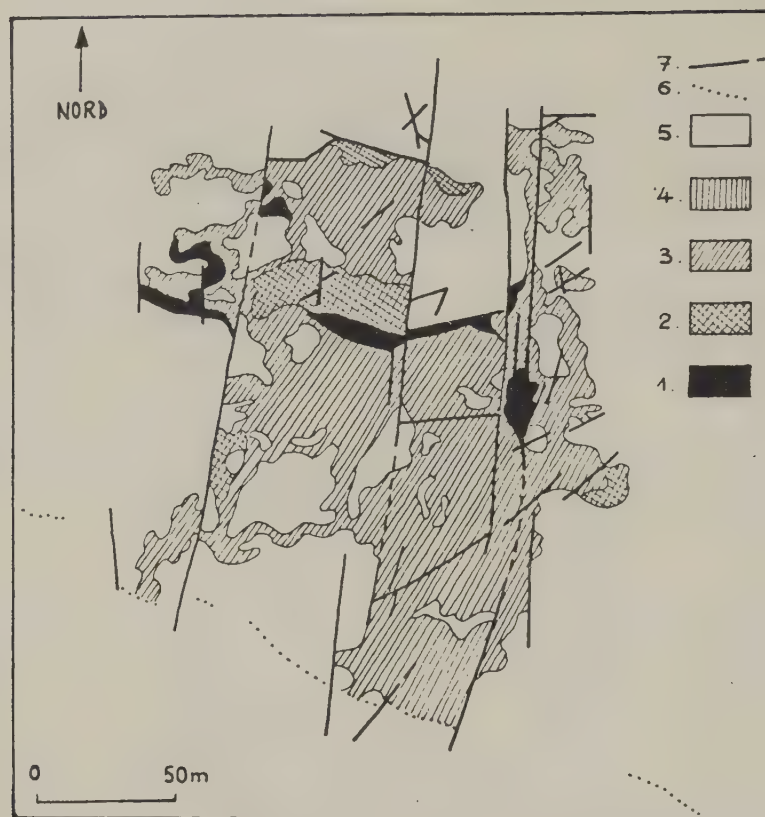


Fig. 213. — Zone minéralisée exploitée de la couche haute ou d'une couche indéterminée. Localisation des différents types de minéralisations.

1. Zone riche en argiles, au toit de la couche (rouges au centre du gisement ; jaune à l'W).
2. Zone à galène et malachite. 3. Zone à galène. 4. Zone à barytine ; 5. Zone stérile ou non exploitée. 6. Affleurement minéralisé. 7. Faille.

Ainsi, il existe une zonalité à l'échelle du gisement qui se retrouve localement à l'aplomb des irrégularités du mur. L'une de ces irrégularités est particulièrement intéressante : au centre du gisement, couche basse et couche haute viennent se biseauter contre des dolomies et s'amincir sous des argiles jaunes pour disparaître le long d'une flexure passant peut-être à une faille en profondeur qui relève le mur de quelques mètres. Au N de cet accident, au-dessus du compartiment relevé, il n'y a d'abord pas de minéralisation (fig. 210), puis celle-ci réapparaît sous la forme riche en malachite imprégnant les dolomies et une brèche très réduite.

Il est intéressant de noter finalement que la barytine peut apparaître dans des brèches de dissolution des dolomies du mur, associée à des argiles rouges et à un peu de malachite.

La zonalité complète peut être résumée sur une coupe schématique (fig. 214). Elle rappelle une partie du schéma reconnu par MM. KONSTANTINOV (1954).

De même, la position des silicifications évoque celles décrites par Y. FUCHS (1964) dans les biseaux sédimentaires du dôme de Vimenet. Il est curieux de constater qu'en ce point de la nappe de Gador, certainement fort éloigné du continent en cours d'érosion, des conditions paléogéographiques locales engendrent une zonalité devenue classique dans le domaine épicontinental⁽¹⁾ et explicable par les lois de la physico-chimie (G. MICHARD et C.J. ALLEGRE, 1969).

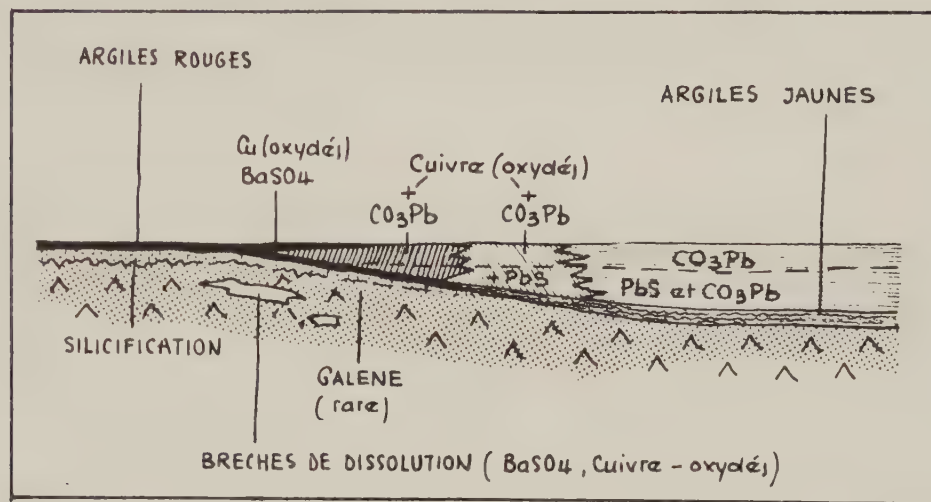


Fig. 214. — Zonalité des minéralisations de Coto-Laisquez.

8 — INTERPRETATION GENERALE DE LA ZONE

Les deux coupes relevées dans la série locale traduisent l'existence d'une sédimentation sur un fond instable dès la fin du Permo-Werfénien dont le jeu aboutit à la constitution d'un ensemble dolomitique et calcaire ne dépassant pas 130 m à l'W et 160 m à l'E. Dès le début de la sédimentation carbonatée, une différence de subsidence notable existe entre l'E et l'W : l'enfoncement est plus rapide à l'E qu'à l'W. Cette dissymétrie peu accusée se maintient jusqu'au moment de la formation des horizons 20 à 22 de la coupe 1 et 20 de la coupe 2. A l'W, peut-être y a-t-il déjà émergence ou au moins constitution d'un fond durci (silicification et oxydation du niveau 18).

A partir des niveaux 20 et 21 (coupe 1) et 21 (coupe 2), les tendances paléogéographiques se marquent à nouveau pendant une période brève suivie d'un retour à l'E à des conditions de dépôt relativement tranquilles (mise en place des dolomies intercalaires 22). Puis, la zone la plus basse reçoit un apport détritique très important fait d'un mélange de sédiments déjà indurés ou encore mous, de plus

(1) On trouvera à ce sujet de nombreuses références dans Y. FUCHS (1964, p.285 et 286), et on remarquera que cette constatation ne fait que renforcer l'intérêt qu'il y a à tenir compte du schéma de M.M. KONSTANTINOV (op. cit.).

en plus grossier, puis de plus en plus fin. Ces dépôts détritiques finiront par envahir la zone jusque là demeurée la plus haute (coupe 1) et un retour à une subsidence autorisant le dépôt de dolomies s'opère. Enfin, sur tout le secteur des calcaires, des calcaires marneux, puis des marnes achèvent probablement les dépôts triasiques.

Les caractères morphologiques des éléments des brèches interdisent d'imaginer un long transport avant leur dépôt, qu'il s'agisse des détritiques dolomitiques ou dolomitiques et argileux dans toutes les brèches et même de la galène dans la couche haute.

La minéralisation essentielle (plomb) se met en place dans un épisode bréchique (21, coupe 2) et à la base du suivant (23, coupe 2) sous forme probablement détritique (dragées de galène) et se concentre dans les parties les plus basses des irrégularités du fond. En même temps, les conditions physico-chimiques du milieu jouent probablement un rôle important dans la fixation des autres métaux (Ba, Cu et Fe) en même temps que la galène pourrait s'altérer en certains points des dépôts ou que du plomb serait apporté sous forme soluble et précipiterait pendant la diagenèse pour donner la cérusite (entre ces deux solutions, il n'est pas nécessaire de choisir mais je me rallierais plutôt à la solution de l'apport du plomb sous forme de galène très fractionnée, (A.G. BETEKHTINE, 1954 — en raison de la forme des amas de galène dans les brèches—). Finalement, il semble que l'ensemble de la minéralisation puisse être détritique et que sa zonalité actuelle soit le produit d'une évolution diagénétique secondaire.

D'où peuvent provenir de telles concentrations métalliques ? On a vu que les dolomies du mur (dolomies grises, blanches ou recristallisées en "franciscaine") contenaient parfois de la galène. Il semblerait assez logique, compte tenu des caractères du minerai et de sa roche-support, de faire des minéralisations des brèches le produit du remaniement de minerais mis en place dans des dolomies du type "franciscaine" ou dans des dolomies noires ou dans des dolomies siliceuses rappelant les faciès déjà observés à l'W de la Sierra de Gador, dans la zone de la Estrella.

Sur le secteur de Coto-Laisquez, on retrouve les minéralisations de type I, II et III définis dans la zone de la Estrella mais ici, le type III est le plus largement représenté. Dans les brèches de dissolution situées sous le mur de la couche basse où de la barytine et de la malachite se concentrent, peut-être pourrait-on voir un début de phénomène karstique et une minéralisation remaniée de type IV.

Enfin, comme dans la Sierra de Gador, les remaniements post-triasiques sont minimes : ils se traduisent par un peu de galène et de fluorine dans les brèches de failles récentes. L'érosion actuelle est responsable de la présence de galène dans les alluvions des torrents locaux.

CHAPITRE XVI

AUTRES MINERALISATIONS DE LA NAPPE DE GADOR SYNTHESE SUR LES MINERALISATIONS DE CETTE NAPPE

1 - INTRODUCTION

Dans la série t2b, la description des zones de la Estrella et de Coto-Laisquez a permis de montrer deux types extrêmes d'environnements insérés l'un dans une région où la série de la nappe de Gador est puissante, l'autre dans une région où cette série est très réduite.

Il faut maintenant examiner encore quelques secteurs situés entre les méridiens de la Estrella et de Coto-Laisquez et au N d'une ligne passant par Fondon, Felix et Aguadulce. Quelques-uns d'entre eux ont fait autrefois l'objet d'exploitations plus ou moins importantes. Ils vont être comparés à ceux qui ont été décrits précédemment.

Dans la série t1 existent des indices de cuivre et dans la série t3 des indices de mercure ; il faudra en traiter rapidement.

La connaissance de la répartition des minéralisations dans t2b va permettre de définir une zonalité et d'envisager les rapports de cette zonalité régionale avec les grands domaines paléogéographiques déjà reconnus dans la nappe de Gador.

2 — MINÉRALISATIONS DU N ET DE L'E DE LA NAPPE DE GADOR (SIERRA DE GADOR)

2. 1. Secteur du Pago de las Cabras.

2. 1. 1. Localisation géographique et géologique.

Le Pago de las Cabras se situe au N de la zone étudiée, entre Fondon et Canjayar. Ce petit secteur correspond à un relief étroit allongé entre la route Canjayar-Fondon et le Rio Andarax (fig. 215). Les affleurements minéralisés en galène, fluorine et parfois riches en malachite, se situent de part et d'autre de l'Andarax.

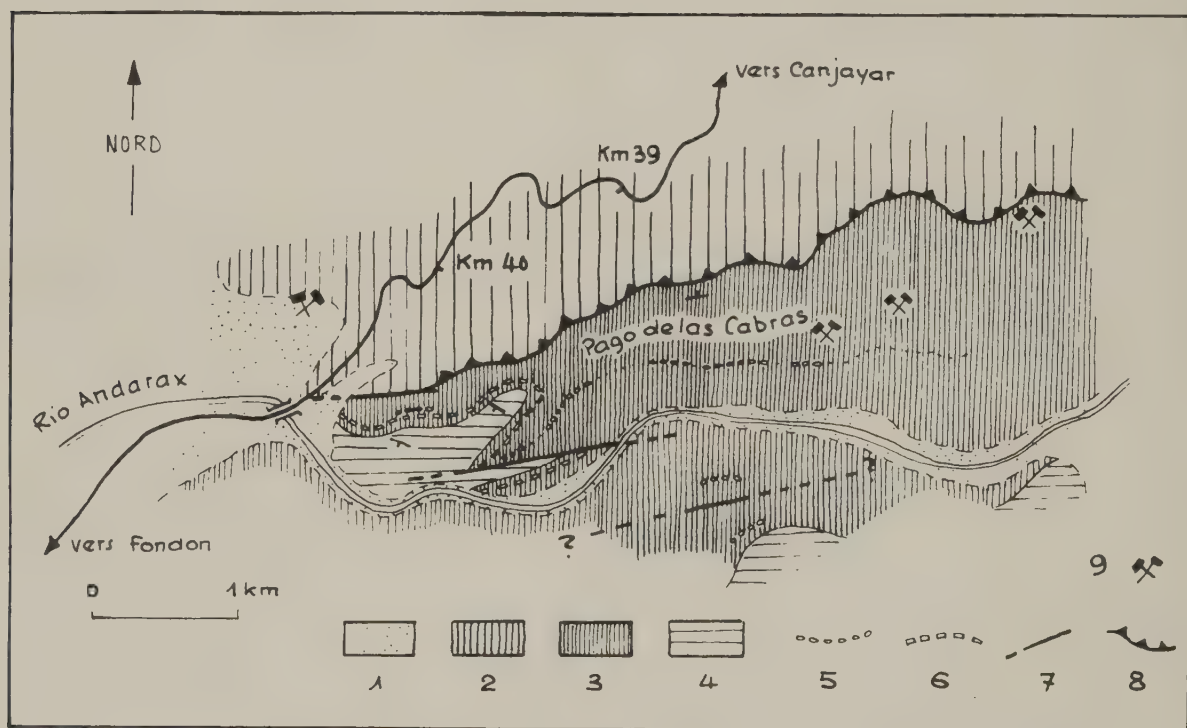


Fig. 215. — Localisation des affleurements minéralisés du Pago de Las Cabras (à l'E de Fondon).

1. Alluvions récentes et anciennes ; 2. Matériel de la nappe de Felix ; 3. Dolomies t₂ de la nappe de Gador ; 4. Calcaires t₃ de la nappe de Gador ; 5. Niveau minéralisé ; 6. Niveau siliceux ; 7. Faille ; 8. Contact anormal ; 9. Puits de mines abandonnées.

La minéralisation se situe à la partie supérieure de l'ensemble dolomitique t_{2b}. Sur les affleurements, elle apparaît dans des dolomies brunes ou noires, siliceuses et dans la "franciscaine". Il semble qu'il y ait au moins deux horizons superposés.

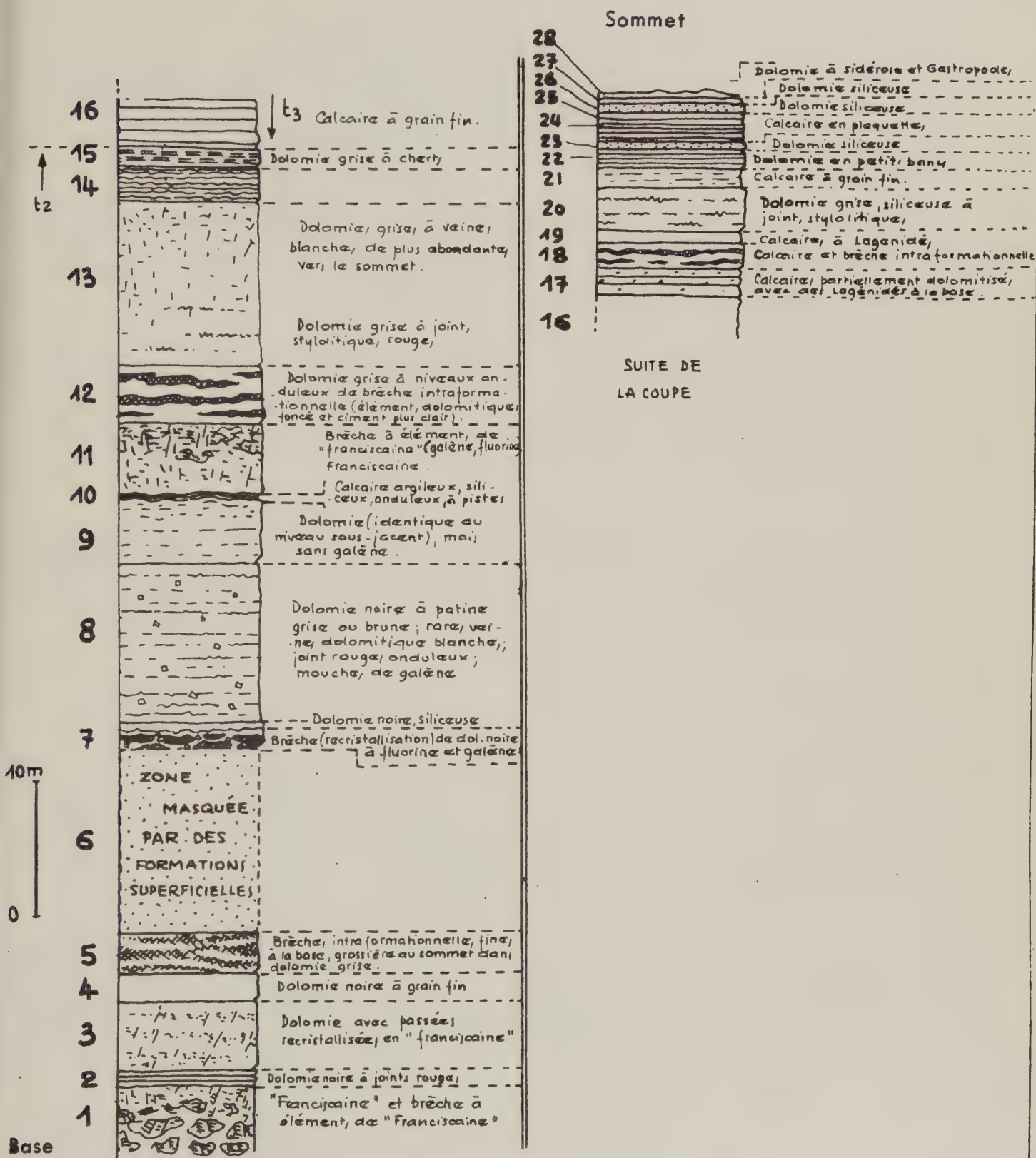


Fig. 216. — Coupe relevée sur le flanc méridional du Pago de Las Cabras (rive gauche du Rio Andarax, 1 km en aval du pont de la route Fondon - Canjayar).

2. 1 . 2. Coupe lithologique dans laquelle s'insèrent les minéralisations

Sur le flanc méridional du Pago de las Cabras, la coupe (fig. 216) a été relevée. La minéralisation se situe dans des dolomies jaunâtres, à gros grain (niveau 7) renfermant de la galène et de la fluorine (type II), dans des dolomies à patine brune renfermant des mouches de galène (type I ; niveau 8) et dans des dolomies recristallisées en "franciscaine" (type II ; niveau 11).

Un des traits marquants des minéralisations de cette zone réside dans leur richesse assez grande en cuivre se présentant en enduits et imprégnations de malachite, de chrysocolle et d'azurite sur les affleurements et observée surtout dans les haldes des puits les plus orientaux.

La coupe dans laquelle s'insèrent ces minéralisations diffère des zones étudiées jusqu'à présent par le fait qu'elle renferme à la fois divers types de "franciscaine" et des brèches dues aux recristallisations des dolomies mais aussi des brèches sédimentaires intraformationnelles. La série est ici plus puissante qu'à Coto-Laisquez.

La présence d'une minéralisation à galène, fluorine et oxydés de cuivre abondants, la coexistence de "franciscaine" et de deux types de brèches dans une série moins puissante qu'à la Estrella et plus puissante qu'à Coto-Laisquez, font que je considère ce secteur comme intermédiaire entre les deux précédents.

2. 2. Secteur du Marchal de Anton Lopez.

2. 2. 1. Situation géographique et géologique

Le secteur minéralisé du Marchal de Anton Lopez se situe au NE de Felix (fig. 217) au sein des formations appartenant à la nappe de Gador. Celles-ci affleurent entre deux lambeaux de la nappe de Felix et ont fait l'objet d'une description détaillée dans le tome I (chapitre VIII).

Contrairement à ce qui a été observé à peu près partout dans la nappe de Gador, la limite entre les ensembles t_2 et t_3 , on l'a vu, est ici difficile à tracer. Ce secteur présente une autre particularité : la série t_2 renferme de très nombreuses recristallisations en "franciscaine" développées sur de grandes puissances continues (fig. 218).

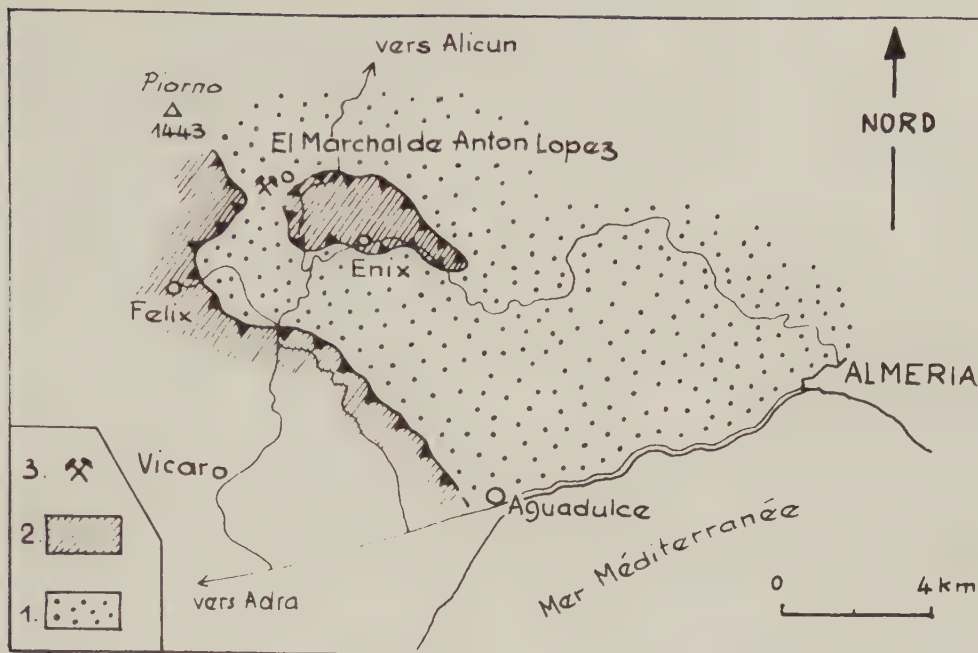


Fig. 217. — Localisation géographique et géologique de la Mine du Marchal.

1. Nappe de Gador ; 2. Nappe de Felix ; 3. Mine .

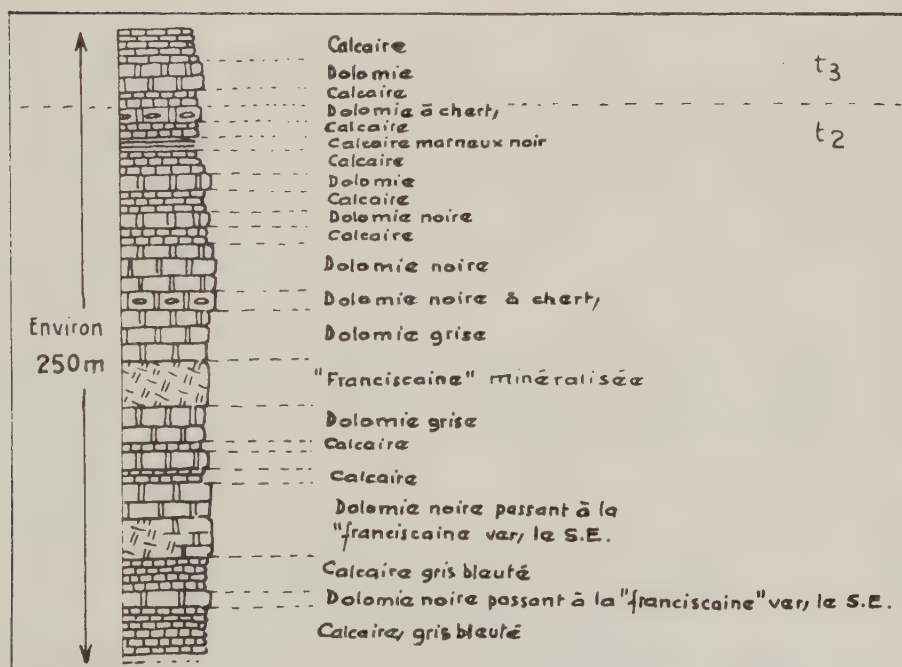


Fig. 218. — Coupe relevée entre le pont au S du village du Marchal de Anton Lopez et le sommet du Cerro où se situe l'ancienne mine de plomb.

2. 2. 2. Nature et localisation des minéralisations dans la série locale :

La minéralisation autrefois exploitée est localisée dans une des masses dolomitiques partiellement transformée en "franciscaine". Il s'agit de galène seule appartenant aux minéralisations du type I et II, définis dans la zone de la Estrella (fig. 218 et 219).

Au SW, au S et au SE de l'ancienne mine se situent des affleurements minéralisés ayant fait autrefois l'objet de grattages (fig. 219 a, b, c, d et e). Ils sont tous localisés dans les derniers niveaux dolomitiques appartenant à l'ensemble t_{2b}.

L'affleurement d représente un petit niveau tout à fait analogue aux minéralisations de type I et II non pas des environs immédiats du Marchal de Anton Lopez, mais de la Estrella : dans les dolomies et la "franciscaine" la fluorine violette accompagne la galène.

Sur les niveaux où ont été relevées les coupes b et c, la minéralisation se présente en b dans une dolomie grise légèrement recristallisée en "franciscaine", intercalée entre deux niveaux de dolomie à cherts tandis qu'en c, elle est disséminée dans un horizon de brèche dolomitique intraformationnelle (minéralisation du type III). Dans les deux horizons b et c, la galène est peu abondante et la fluorine violette et la barytine coexistent.

Comme la zone du Pago de las Cabras, mais surtout en raison cette fois de la coexistence de la fluorine et de la barytine dans les mêmes horizons (avec la galène), la zone du Marchal peut encore être considérée comme intermédiaire entre la zone occidentale et la zone orientale de la nappe de Gador.

2. 3. Les minéralisations de l'extrémité orientale de la Sierra de Gador, dans la nappe de Gador.

Entre la route Aguadulce-Alicun à l'W et la bordure du Miocène, à l'E, toujours à la même place dans la série carbonatée (sommet de t₂), la nappe de Gador renferme quantité d'indices ayant fait l'objet d'exploitations très anciennes et plus ou moins importantes.

Au S de la route Enix-Almeria, il faut citer des affleurements pauvres, renfermant :

— galène seule ou accompagnée d'un peu de malachite au Cerro las Minas (fig. 224) juste à la limite t₂/t₃ ;

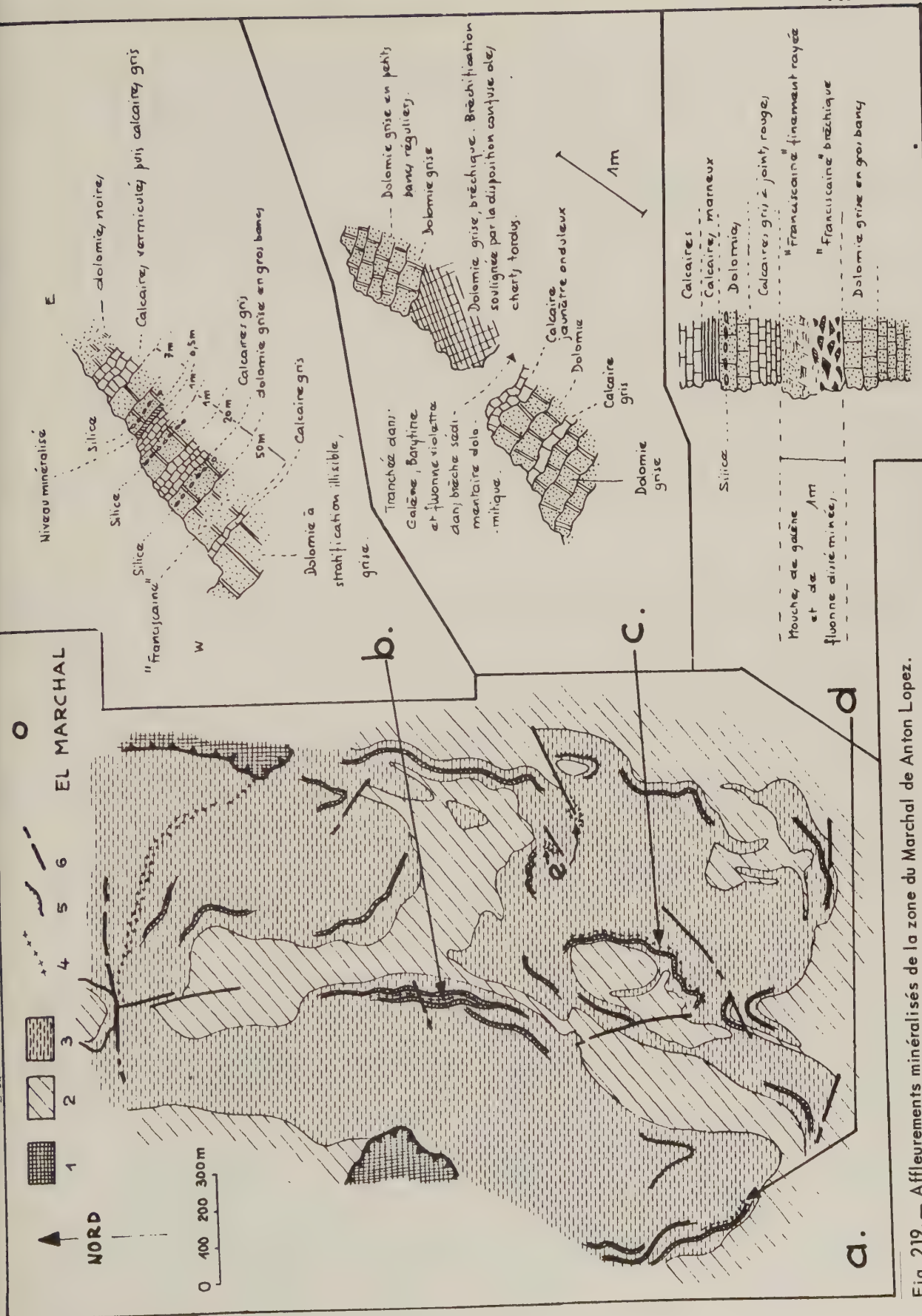


Fig. 219. — Affleurements minéralisés de la zone du Marchal de Anton Lopez.

- a. Carte simplifiée. 1. Nappe de Felix ; 2. Ensemble t_3 ; 3. Ensemble t_{2b} ; 4. Affleurements minéralisés ; 5. Niveaux à cherts ; 6. Failles.
 b, c, d. Coupes d'affleurements localisés sur a.
 e. Dolomies bréchiques à céruite.

- galène seule à la partie supérieure de t_2b , près des km 8, 9,5 et immédiatement au S du km 12 (fig. 226 et 227) de la route Enix-Almeria ;

- galène et oxydés de cuivre dans des dolomies grises redressées à la verticale au Puntal del Hacho ;

- galène et oxydés de cuivre dans un petit niveau couronnant le "cerro" situé entre les km 16 et 17 de la même route.

Au N de la route Enix-Almeria existent d'autres indices :

- galène dans des dolomies noires redressées à la verticale près du Cortijo de Ochotonera ;

- galène dans des dolomies noires quelques mètres sous la limite t_2/t_3 , le long du flanc N du Cerro del Puntal.

Entre la route Enix-Almeria et le village de Benehadux se situe un secteur qui a fait autrefois l'objet d'une importante activité si l'on en juge par l'abondance des haldes qui y subsistent. Les exploitations y suivirent des niveaux de dolomie noire à mouches de galène ou des horizons de dolomies brunes siliceuses, à argiles jaunes ou rouges, bréchiques et microbréchiques, caractérisés par l'abondance de barytine et d'oxydés de cuivre à côté de la galène. Aucun de ces travaux n'est actuellement accessible et seul l'examen des haldes m'a permis de retirer une idée générale de la minéralisation. La zone paraît dépourvue de fluorine ⁽¹⁾. Je n'y ai pas observé de brèches intraformationnelles bien développées comme celles de Coto-Laisquez.

2. 4. Remarques générales sur les minéralisations de l'E de la Sierra.

Toute cette partie de la nappe de Gador renferme des minéralisations encore contenues dans l'ensemble t_2b et vers sa limite supérieure. Cet ensemble est ici réduit par rapport à l'W de la Sierra de Gador. Par bien des aspects, les minéralisations rappellent celles de Coto-Laisquez : elles renferment de la galène seule ou de la galène associée à des oxydés de cuivre et de la barytine assez abondante. Elles appartiennent toutes au type I et III. L'ensemble de cette zone est dépourvu de dolomies transformées en "franciscaine".

(1) Quelques lames minces taillées dans les échantillons des haldes en ont montré une quantité négligeable. F. DELGADO et J. ALABERT en auraient observé sur le terrain.

3 - INDICES DE MINERALISATION DANS L'ENSEMBLE t₃

Sur la rive droite de la Rambla de Julbina, au-dessus de la Castala (à l'W de la sierra, près de Berja), un niveau argileux brunâtre a fait l'objet de recherches et semble-t-il d'une petite exploitation (Mina Mercurio, sur la carte au 1/50.000^e, feuille d'Ugijar).

Sur le terrain, cet horizon peut être suivi sur une cinquantaine de mètres. L'analyse d'un prélèvement d'argile a confirmé la présence de mercure en très petite quantité (0,4 % dans un échantillon d'argiles brunâtres).

Cet horizon se situe géographiquement près des niveaux de diabases intercalés dans l'ensemble t₃ mais je n'ai pu observer de liaison directe entre ces diabases et l'horizon argileux.

Les minéralisations en mercure ne semblent pas exceptionnelles dans les calcaires terminaux de cette nappe puisque deux mines y ont fonctionné à l'E du village de Castaras (pour F. ALDAYA, 1969 b, les calcaires appartiennent ici à la nappe de Castaras).

4 - INDICES MINERALISES DANS LA SERIE t₁

La série t₁ affleure assez largement à l'W de la Sierra de Gador, dans la dépression de Berja où elle est essentiellement constituée par des phyllites bleutées admettant des intercalations de quartzites plus ou moins ferrugineux (sidérose altérée par le métamorphisme léger).

Sous l'unité Gador II, au lieu-dit "Mina del Maricho" et dans la galerie qui traverse la série carbonatée (fig. 70 du Tome I), j'ai pu observer à la limite t₁/t₂ des quartzites blancs ou rosâtres minéralisés en cuivre.

La minéralisation se traduit par des enduits malachitiques verdâtres et un peu d'azurite qui paraissent provenir de l'altération de mouches microscopiques de sulfures (chalcosite) disséminée dans la masse des quartzites. Cette minéralisation rappelle beaucoup les nodules sulfurés observés dans les phyllites de la nappe de Felix.

5 – SYNTHÈSE SUR LES MINÉRALISATIONS DE LA NAPPE DE GADOR

5. 1. Nature et localisation des minéralisations dans les séries.

Les minéralisations de la nappe de Gador sont associées :

- à des quartzites dans la série t_1 (très accessoires) ;
- à la partie supérieure de l'ensemble t_{2b} (pour l'essentiel) ;
- aux calcaires t_3 pour les indices de mercure (très accessoires).

Le cuivre est associé à la série détritique de la base de la nappe, puis localement à la partie supérieure de la série dolomitique.

La galène, la fluorine, la barytine et la blende ainsi que l'hémimorphite n'apparaissent que dans la série t_{2b} .

Toutes ces minéralisations sont encaissées dans des roches supports variées : dolomitiques, dolomitiques et siliceuses, calcaréo-dolomitiques et argileuses, siliceuses, etc ... Elles ont pu être réparties dans trois types distincts :

- type I : niveau minéralisé bien interstratifié à évolution diagénétique brève ;
- type II : niveau minéralisé, du type I affectés par une évolution diagénétique tardive, complexe ;
- type III : résultant du remaniement des minéralisations de type I et II avec un transport toujours très bref.

Les types I et II semblent pouvoir coexister à un niveau donné de la série tandis que le type II apparaît toujours très près de la limite t_2/t_3 , au-dessus des types I ou I et II et là où il est aisé de reconnaître de nombreuses discordances mineures dans la série engendrant au total une véritable discordance de t_3 sur t_2 .

5. 2. Position des minéralisations dans les séries virtuelles ; problèmes pour les situer et validité de ces tentatives à l'échelle où se situe cette étude.

Depuis quelques années, les géologues miniers se sont attachés à situer les minéralisations stratiformes dans la séquence virtuelle de J. LOMBARD (1956) en particulier P. NICOLINI (1959) à propos des minéralisations du Moyen-Congo et

(1961) à propos des minéralisations cuprifères. Si l'utilisation du modèle de séquence positive établi par J. LOMBARD (op. cit.) semble donner des résultats à certaines échelles d'observations (par exemple 1 mm pour 2 m) et mettre en évidence une relation entre la forme de la courbe lithologique et la position des minéralisations, il semble qu'à des échelles plus grandes (par exemple 1 cm pour 2 m), cas de la coupe 27, (fig.172), il ne soit plus aussi aisé d'appliquer le modèle de J. LOMBARD puisque la diagenèse a effacé bon nombre de faits sédimentologiques, a déplacé (au moins légèrement) une partie des constituants primitifs des roches et, finalement ... doit-on considérer entre autres les dolomies à débris de croûtes algaires comme des dépôts détritiques (suivant la classification de R.L. FOLK, 1959 ⁽¹⁾ ou comme des dépôts chimiques (dans le cadre des classifications génétiques très discutables) ? Considérer tous les dépôts dolomitiques comme un terme plus élevé que les calcaires dans la séquence de J. LOMBARD et construire une courbe en fonction de ce principe conduit à des impossibilités locales et de toute manière à ne schématiser qu'une évolution ponctuelle du bassin. Peut-être ces constructions auraient-elles pu servir en les effectuant sur plusieurs colonnes, mais l'absence de repères chronologiques aurait interdit les comparaisons entre elles. Etudier des séries dans le but de ranger leurs éléments dans la classification de R.L. FOLK (1959) pour tenter ensuite de cartographier des faciès comme l'ont fait les pétroliers (A. RIZZINI et L. MATTAVELLI, 1964) est une entreprise impossible pour un individu seul : la maille de l'échantillonnage dans de telles formations doit être tellement serrée qu'il a été irréalisable dans les conditions où j'ai dû travailler. Par ailleurs, lorsqu'on veut s'adresser au géologue minier (géologue de terrain plus que de laboratoire), il faut se rappeler qu'il n'a pas toujours un microscope sous la main ⁽²⁾. Finalement, intégrer l'apparition des minéralisations dans la série virtuelle de J. LOMBARD (op. cit.) et celles-ci se situeraient à sa partie supérieure (dépôts chimiques), n'est réalisable qu'à l'échelle mégasmétrique, compte tenu des limites scalaires que j'ai fixées à cette étude, et ce cliché ne présente plus guère d'intérêt.

H. ERHART (1956, 1967) a contribué avec beaucoup de succès à faire réfléchir les sédimentologues au stade de l'élaboration de la matière mobile. Depuis les travaux de cet auteur, il convient d'ajouter entre cette élaboration et le transport soit la présence d'un filtre (couvert végétal correspondant à une période de biostasie) soit l'absence de filtre (absence de couvert végétal ou simple évolution de celui-ci en période de rhexistasie ou d'hétérostasie). Tenant compte de l'écho parfois excessivement favorable recueilli par ses idées auprès des métallogénistes, H. ERHART (1967), oubliant quelque peu le rôle du bassin de sédimentation (filtre lui aussi, sélecteur, répartiteur, accumulateur, essentiellement mouvant, vivant) a distingué trois catégories de gîtes exogènes :

(1) R.L. FOLK lui-même semble avoir éprouvé bien des difficultés à faire rentrer ces types de roche dans sa classification. Cette classification dont l'usage actuel n'est pas toujours dépourvu d'un certain snobisme est souvent réputée à tort exempte d'hypothèse génétique de départ.

(2) J. SIERRA LOPEZ et al. (1967) ont publié l'étude d'une colonne de 130 m (provenant de la Tolva, au NW de la Estrella), le long de laquelle ont été prélevés 52 échantillons. La figuration des résultats de l'étude microscopique traduite à la fois en langage chimique et dans le langage de R.L. FOLK (1959) se révèle très peu parlante et ne permet de voir aucune relation simple et directe avec les courbes de teneur en CaO, MgO, Fe₂O₃, Al₂O₃. Seule y apparaît clairement une liaison entre quartz et fluorine. Aurait-il fallu un échantillonnage plus serré, ou mieux choisi ?

1. Gîtes biostasiques réunissant tous les éléments chimiques susceptibles d'entrer dans la phase migratrice de la pédogenèse (Cu, Pb, Zn, U, Mo, etc ...) ;
2. Gîtes rhexistasiques groupant "tous les éléments chimiques qui dans la roche même étaient engagés dans une forme minéralogique qui leur a permis de résister à l'altération pédogénétique " ;
3. Gîtes hétérostasiques dans lesquels coexistent les substances de précipitation chimique et des éléments détritiques (gîtes stratiformes de Pb, Zn, Cu, U, etc ...).

Cette classification hâtive ne me paraît devoir être considérée que comme la recherche d'un impact plus fort sur les imaginations ou comme une réaction aux vues un peu extrémistes (presque unicausales) exprimées par H. et G. TERMIER (1960) et pourtant beaucoup plus nuancées exprimées par G. MILLOT (1964 ⁽¹⁾). Si ce dernier auteur semble séparer assez nettement les séries glyptogéniques des séries pédogénétiques, comme le remarque H. ERHART (op. cit.), il insiste (et ne serait-ce que l'architecture de son ouvrage sur les argiles en témoigne) sur la "complexité des interférences possibles". De plus en plus, ne serait-ce qu'à propos de sédimentologie appliquée aux gisements métalliques, les chercheurs s'attachent à débrouiller les enchevêtrements et les enchaînements de situation intervenant dans la concentration de tel ou tel élément, à tel ou tel endroit du bassin de sédimentation, à un moment de sa vie ou le long de son histoire complète (voir par exemple A. BERNARD et J. C. SAMAMA, 1968). Tous les travaux récents insistent de plus en plus sur l'importance des phénomènes qui accompagnent la période du transport — (héritage ou néoformations dans le sol, pendant le transport ou au cours de la diagenèse), G. MILLOT, 1964 — et qui sont régis par l'environnement c'est-à-dire la localisation paléogéographique des dépôts (A. BERNARD, 1964). On se rend compte que les démarches qui consistent à projeter directement les images recueillies dans le domaine "fournisseur" sur le domaine "accumulateur" ou à interpréter les "documents d'archives que sont pour nous les séries sédimentaires", (A. BERNARD, 1964) par la recherche des causes dans le domaine fournisseur doivent être tempérées par l'analyse des phénomènes intermédiaires où interviennent le temps et l'environnement.

Après ces quelques réflexions, chercher à situer les minéralisations de la nappe de Gador dans le cadre d'une série pédogénétique ne pourrait plus être fait qu'à l'échelle mégasométrique, comme dans le cas précédent et n'aurait plus guère de signification sans l'intégration des résultats d'une étude plus fine et la connaissance parfaite du bassin alpujarride et de ses rapports avec le continent. Il faut donc se contenter des tentatives de reconstitution du cadre de mise en place, suivant les recommandations de P. ROUTHIER (1969), essayer de définir un ou des types de gisements et, plus tard, il faudra comparer les données recueillies aux observations effectuées dans les milieux actuels. On obtiendra ainsi une image plus vivante d'un environnement plausible pour ces minéralisations.

(1) H. ERHART (1967), voir les pages 122 à 132, entre autres.

5. 3. Relations entre la genèse des minéralisations et celle des roches-supports.

Le type de minéralisations III apparaît le type génétique le plus simple : il provient du remaniement de minéralisations I et II et de roches-supports pré-existantes dans un milieu où des processus dynamiques brutaux entraînent le démantèlement de minéralisations antérieures peu après ou avant l'induration complète de leur roche-support (brèches intraformationnelles de Coto-Laisquez). Les caractères morphologiques des éléments des brèches permettent de penser que le transport est très bref. Dans ce milieu où se dépose le produit de ces remaniements, des processus chimiques peuvent contribuer à la réalisation d'une zonalité locale induite par la morphologie de l'aire de dépôt.

Le type de minéralisation II est le produit d'un dynamisme du milieu moins intense que dans le cas précédent. Ce type se réalise à partir des types I lors de phénomènes de glissements entraînant la formation de la "franciscaine" puis de brèches résultant de recristallisations importantes ou directement de brèches sans le stade intermédiaire de la "franciscaine".

Pendant que se produisent ces phénomènes affectant des roches dans un état thixotropique, des concentrations ont pu se produire (galène accumulée à la base des brèches par gravité, fluorine et dolomite recristallisant dans les ciements des brèches avec une tendance à la séparation — la fluorine occupe la place la plus importante à la fin du phénomène). A ce stade interviennent donc certainement des processus physico-chimiques qui prolongent dans le temps ceux qui ont régi la mise en place des roches-supports et de leur minéralisation du type I (avec les problèmes que pose la variété des formes attribuables à ce type).

Dans les minéralisations de type I peuvent rentrer soit des minéralisations Ia, Ib, Ic et Id dont le remaniement entraînerait la constitution du type I (a, b, c, d) ou bien des minéralisations Ia, Ib, Ic et Id dont l'interférence des zones de dépôt conduirait à divers sous-types dont le sous-type I (a, b, c, d), le plus complexe. Faute de pouvoir repérer correctement la position stratigraphique de chacun des niveaux de type I reconnus, il n'est guère possible de choisir entre ces deux éventualités.

Toutefois, il faut remarquer que la présence des microbrèches intraformationnelles observées dans les dolomies noires à galène, quartz et fluorine, inciterait à penser que la première est la plus probable.

Dans ces conditions, le problème de savoir comment et dans quel milieu les dépôts du type I ont pu prendre naissance relèverait d'un examen très détaillé d'affleurements sélectionnés, accompagné d'une étude géochimique portant sur

l'environnement des niveaux minéralisés qui permettraient de comprendre mieux les mécanismes de genèse. Je ne me suis pas livré à cette étude dont l'échelle nécessitait la mise en œuvre de moyens dont je ne disposais pas et dont la nécessité ne s'imposait pas étant donné les buts poursuivis.

5. 4. Répartition géographique des associations reconnues dans t₂b; rapports des associations avec les faits géologiques régionaux.

La galène est rarement seule dans les horizons minéralisés et semble présente à peu près sur toute l'étendue de la nappe. C'est le minerai le plus ubiquiste de la zone, on le trouve dans les types de minéralisations I, II et III, associé à des roches dolomitiques ou calcaires, plus ou moins argileuses ou siliceuses. Il n'y a qu'avec les niveaux fortement siliceux qu'elle semble avoir une certaine incompatibilité.

La fluorine se cantonne dans une grande zone traversant la Sierra de Gador en oblique (fig. 220) correspondant à l'aire où les séries atteignent les plus fortes puissances (Pl. XXIII). On la trouve dans ces types de minéralisation I, II et III, associée à des roches dolomitiques ou siliceuses ; elle constitue localement des faciès entiers ("pierre indienne"). Ses fortes concentrations semblent incompatibles avec l'aire à série réduite orientale de la nappe. Sauf dans le type de minéralisation III, elle paraît également incompatible avec les niveaux riches en argile.

La barytine est bien représentée à l'E de la Sierra de Gador, là où la série est réduite par rapport à l'W de la nappe et jusque dans la Sierra Alhamilla où elle atteint les épaisseurs les plus faibles, mesurées. Elle est présente dans des minéralisations appartenant au type III (zone du Marchal comprise) et semble avoir des affinités pour les horizons détritiques (brèches, microbrèches) et argileux, orangés ou rouges (fer), comme les oxydés de cuivre.

Le cuivre est fréquent sur les aires à série réduite (Sierra Alhamilla, E de la Sierra de Gador) et atteint la zone qualifiée d'intermédiaire (Pago de las Ca-bras en particulier) où il se présente dans tous les types de minéralisations (I, II et III). Les oxydés de cuivre existent encore à l'W de la Sierra, associés à la galène ou seuls, dans un domaine à série moins puissante, au-delà de la zone à fluorine.

Le zinc est peu représenté dans la nappe de Gador où la blende n'a été trouvée que dans un horizon de dolomie noire à fluorine (zone de la Estrella) et où l'hé mimorphite est étroitement associée aux niveaux riches en silice. Ce métal n'a été observé que dans les types de minéralisation I et II.

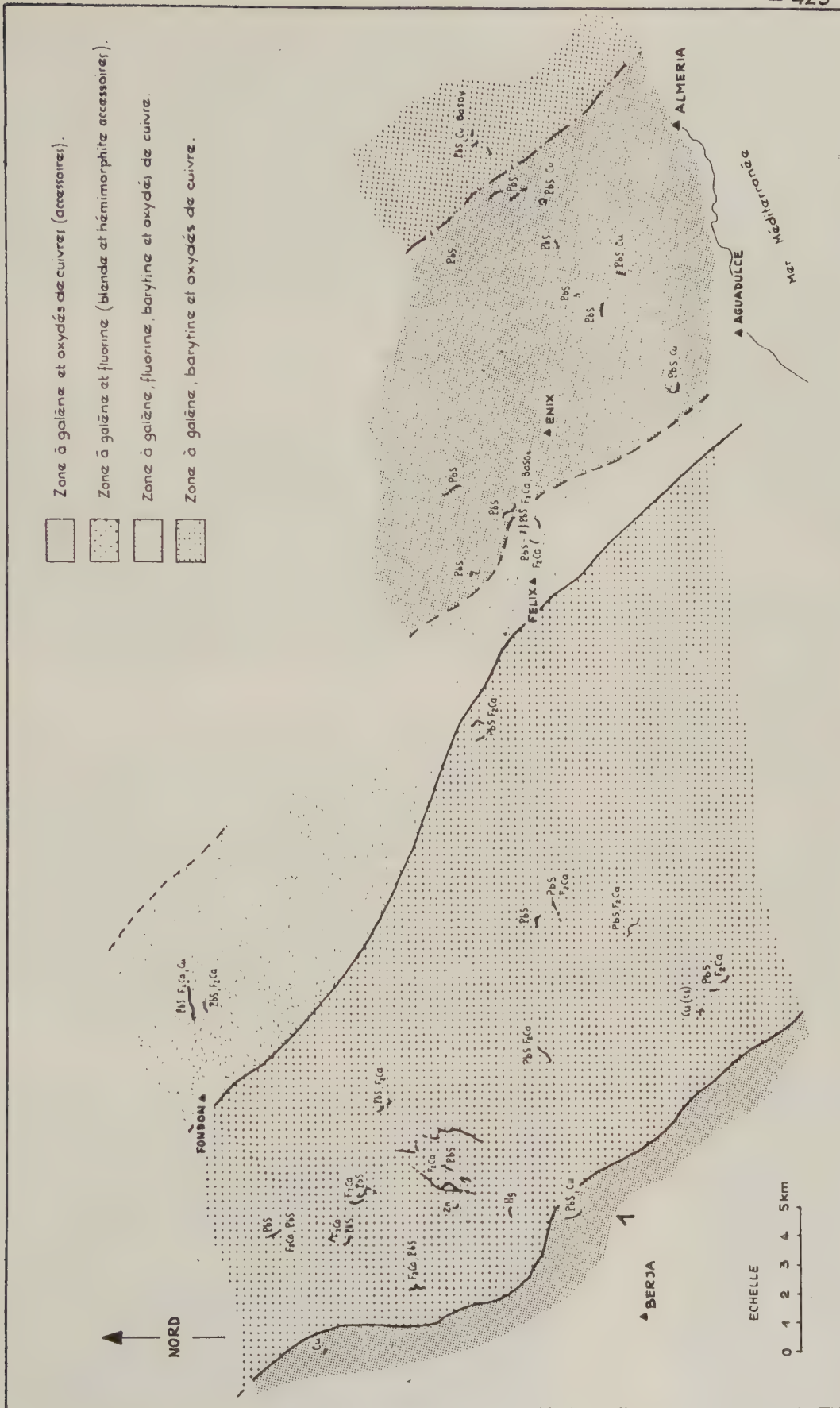


Fig. 220. — Sierra de Gador - Répartition géographique et nature des minéralisations des ensembles t1 et t2 de la nappe de Gador.

Légende des photographies (fig. 221 à 227)

Fig. 221. Ecailles de Coto-Laisquez vues de l'W. Au premier plan : schistes noirs et quartzites névado-filabrides. 1, 2 et 3 : chevauchements. La mine se situe dans l'écaille au-dessus du chevauchement 1.

Fig. 222. Dolomies minéralisées (D) du Pago de las Cabras (à gauche) et haldes des anciennes exploitations. A droite, affleurement minéralisé de la rive droite de l'Andarax.

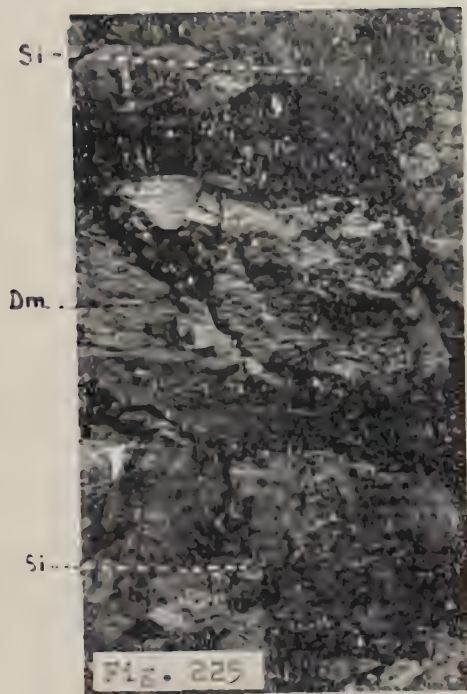
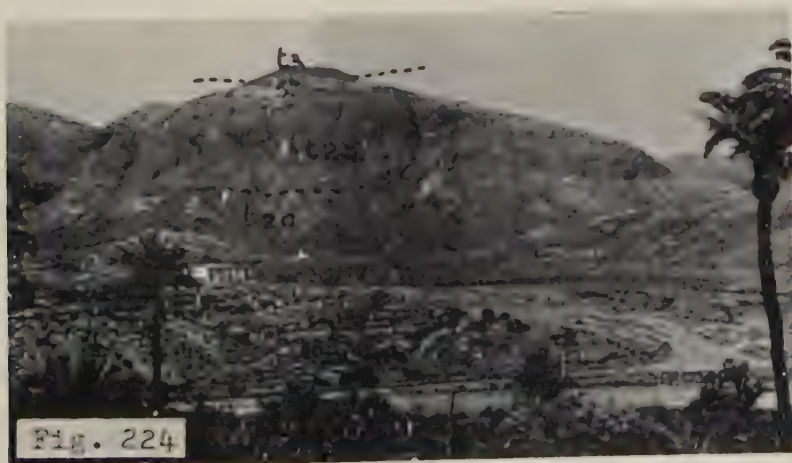
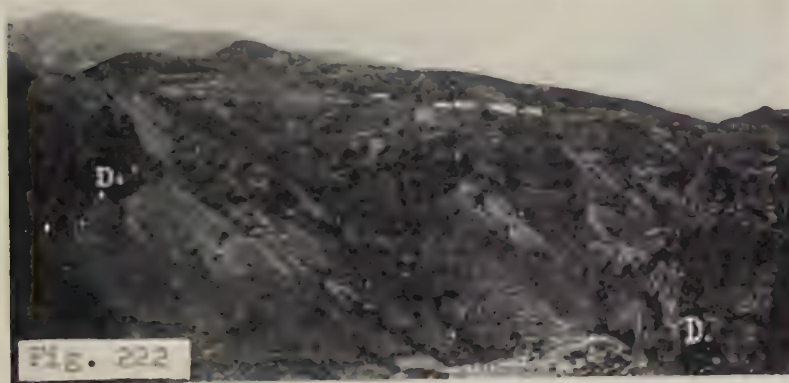
Fig. 223. Zone de la mine du Marchal de Anton Lopez (village au centre de la photographie). Le pointillé souligne un niveau de «franciscaine» minéralisée **en** galène.

Fig. 224. Cerro las Minas, au N d'Aguadulce. Localisation des minéralisations dans un niveau (souligné par des haldes) à la limite t_{2b} / t_3 .

Fig. 225. Niveau minéralisé b du secteur du Marchal (voir la coupe correspondant à la photographie) Dm : dolomies recristallisées à galène, fluorine et barytine. Si : niveaux chertueux dans les dolomies.

Fig. 226. Affleurement minéralisé au S du km 12 de la route Enix-Almeria. Noter les ondulations des dolomies à galène (fig 227) et les niveaux dolomitiques à cherts, surincombants, rattrapant les irrégularités.

Fig. 227. Détail de la figure précédente.





Ainsi, une zonalité apparaît à l'échelle de la nappe, caractérisée dans la région étudiée surtout par la répartition des dépôts de fluor, de cuivre et de baryum, le plomb étant l'élément constant des associations. Cette zonalité traduit une véritable "variation sur un thème de dépôt de galène" orchestrée par une paléogéographie dont les grandes lignes ont été ébauchées au cours du Tome I (chapitre VIII).

L'importance de la liaison entre paléogéographie et répartition des associations de dépôts mérite d'être soulignée. A la fin de l'étude régionale, j'ai montré que l'on pouvait retrouver des zones paléogéographiques homologues à travers les différentes nappes superposées. Ces faits ont permis d'esquisser deux schémas paléogéographiques dont j'ai retenu le plus cohérent pour reconstruire ensuite l'évolution tectonique régionale. Le fait de pouvoir maintenant non seulement indexer des zones homologues par leur association de minerais mais aussi de savoir qu'il existe une polarité dans l'évolution de ces associations devra permettre de tester les hypothèses avancées. Auparavant, il faudra encore examiner rapidement quelles sont les minéralisations représentées dans les autres nappes, à différents niveaux de leur série.



CHAPITRE XVII

MINERALISATIONS DES NEVADO - FILABRIDES ET DES NAPPES DE LUJAR ET DE FELIX.

Dans les lambeaux malaguides, il n'a été observé aucune minéralisation tandis que les nappes de Lujar surtout et de Felix ainsi que l'ensemble Névado-Filabrides en renferment dont l'intérêt n'est pas négligeable.

1 - MINERALISATIONS DES NEVADO-FILABRIDES

1. 1. Les gisements de fer.

Si l'on admet que les calcaires de la "Mischungszone" représentent des dépôts d'âge probablement triasique, il faut admettre également que le fer qu'ils renferment est lui aussi d'âge triasique puisqu'on le trouve interstratifié dans les calcaires et piégé dans les structures karstiques (R. MAILLOT, à paraître) qui affectent ces derniers.

Les structures karstiques ont pu être bien observées dans la région d'Alquife (versant N de la Sierra Nevada). On les retrouve peut-être encore entre Carboneras et Mojacar (où plusieurs petits gisements ont été exploités dans des marbres contenant des amas ferrugineux), sur l'extrémité occidentale de la Sierra Alhama et entre Lanjaron et le N de Beires, sur le flanc méridional de la Sierra Nevada. La petite taille des affleurements permet toujours d'identifier au moins les niveaux ferrugineux interstratifiés dans les marbres.

Que tous ces affleurements appartiennent ou non à une seule unité névado-filabride, ils caractérisent une aire paléogéographique très vaste, marquée par des émergences, au cours du Trias durant lesquelles s'opèrent d'importantes concentrations ferrugineuses, peut-être d'origine pédogénétique.

1. 2. Filons encaissés dans les séries névado-filabrides.

L'ensemble névado-filabride est traversé par de nombreux filons répartis, à travers presque toute son étendue. Ces filons sont très mal connus. Sur les nombreuses exploitations dont ils ont fait l'objet, soit dans des formations certainement névado-filabrides, soit dans des formations attribuables aux névado-filabrides, aucune étude n'a encore été réalisée.

Ils ont été exploités pour le cuivre dans la Sierra Nevada et surtout pour la galène argentifère en Sierra Almagrera (E de la Province d'Almeria).

Dans le cœur anticlinal de la Sierra Alhamilla, à environ 1,5 km à l'W de la mine de Coto-Laisquez, l'un de ces filons, dit de la Sobrina, a fait l'objet d'une petite exploitation pour la galène, la blende et l'argent. Avant que la mine soit fermée, j'ai pu y faire quelques observations.

1. 3. Le filon de la «Sobrina» (Sierra Alhamilla)

Encaissé dans les schistes noirs du cœur de la Sierra Alhamilla, ce petit filon a été identifié en surface par une série de chapeaux de fer très étroits, puis reconnu en profondeur par un travers banc et deux petites galeries. Il a fait l'objet d'une exploitation de courte durée dans deux galeries situées au niveau du travers-banc et quelques mètres plus bas que celui-ci.

Ce filon est encaissé dans des micaschistes noirs à quartz, muscovite et grenats localement très graphiteux. Les grenats y sont toujours étirés, cassés. Accessoirement, ces micaschistes renferment encore des feldspaths très altérés en séricite, de la chlorite et de petits prismes de tourmaline verte. Ils évoquent tout-à-fait les "schistes noirs" névado-filabrides.

Ces micaschistes sont parcourus par un réseau de filonnets de deux à quatre centimètres de puissance encadrant un filon principal d'épaisseur très irrégulière. L'ensemble des veines minéralisées a une direction locale oscillant autour de N 20 W et N 45 W avec un pendage moyen de 45° vers l'W. Il est à noter que cette direction rappelle celle des accidents cassants affectant l'extrémité occidentale de la Sierra Alhamilla.

Le remplissage des filonnets est constitué par des dépôts rubannés souvent symétriques renfermant des épontes vers le centre :

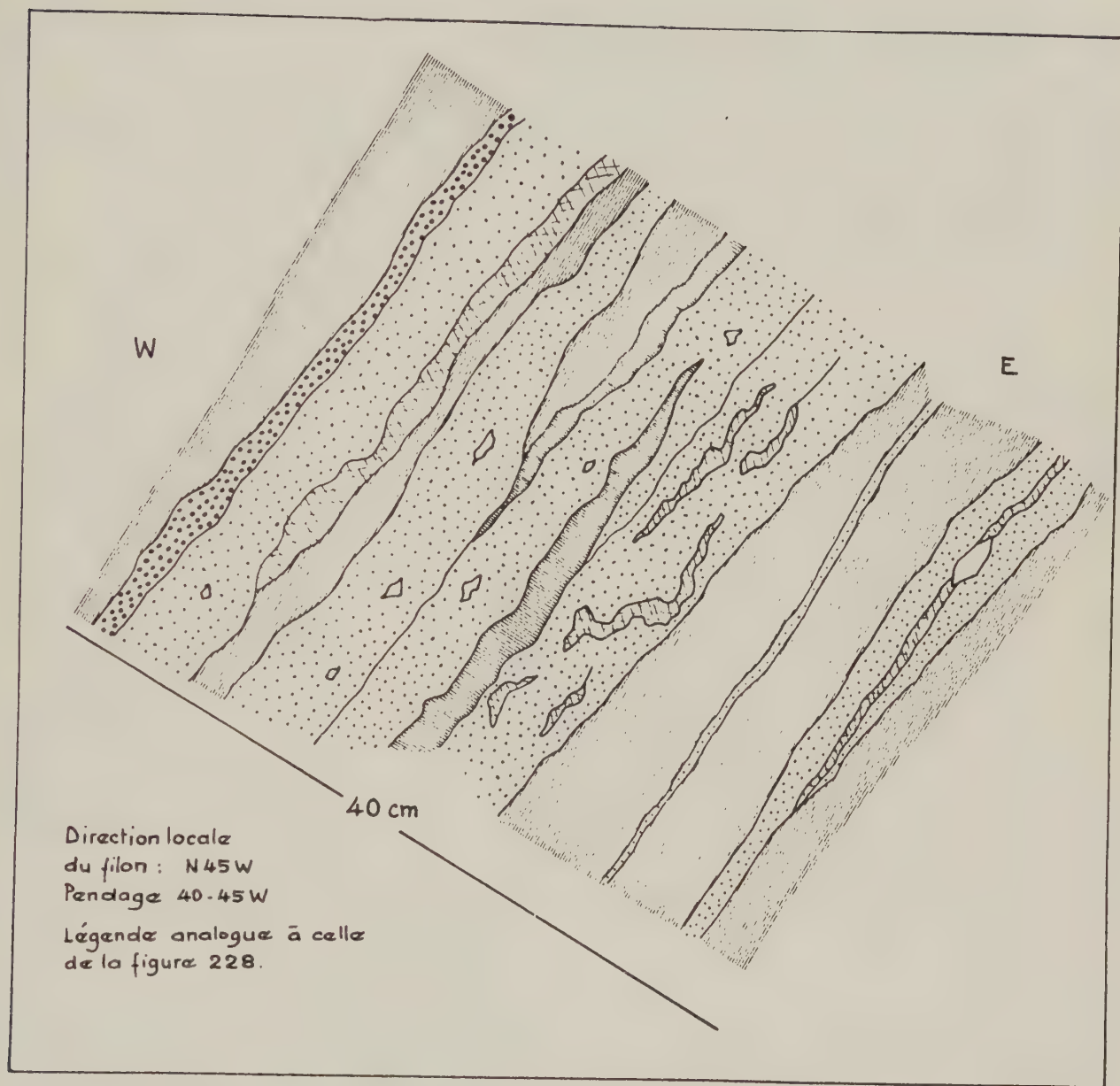


Fig. 228.— Filon de la Sobrina (Sierra Alhamilla). Nature du remplissage. Galerie N, au niveau du travers-banc.

Les figurés sont les mêmes que ceux de la figure 229.

Localisation des croquis relevés en A, B et C, sur un front de taille situé quelques mètres au N de la galerie.

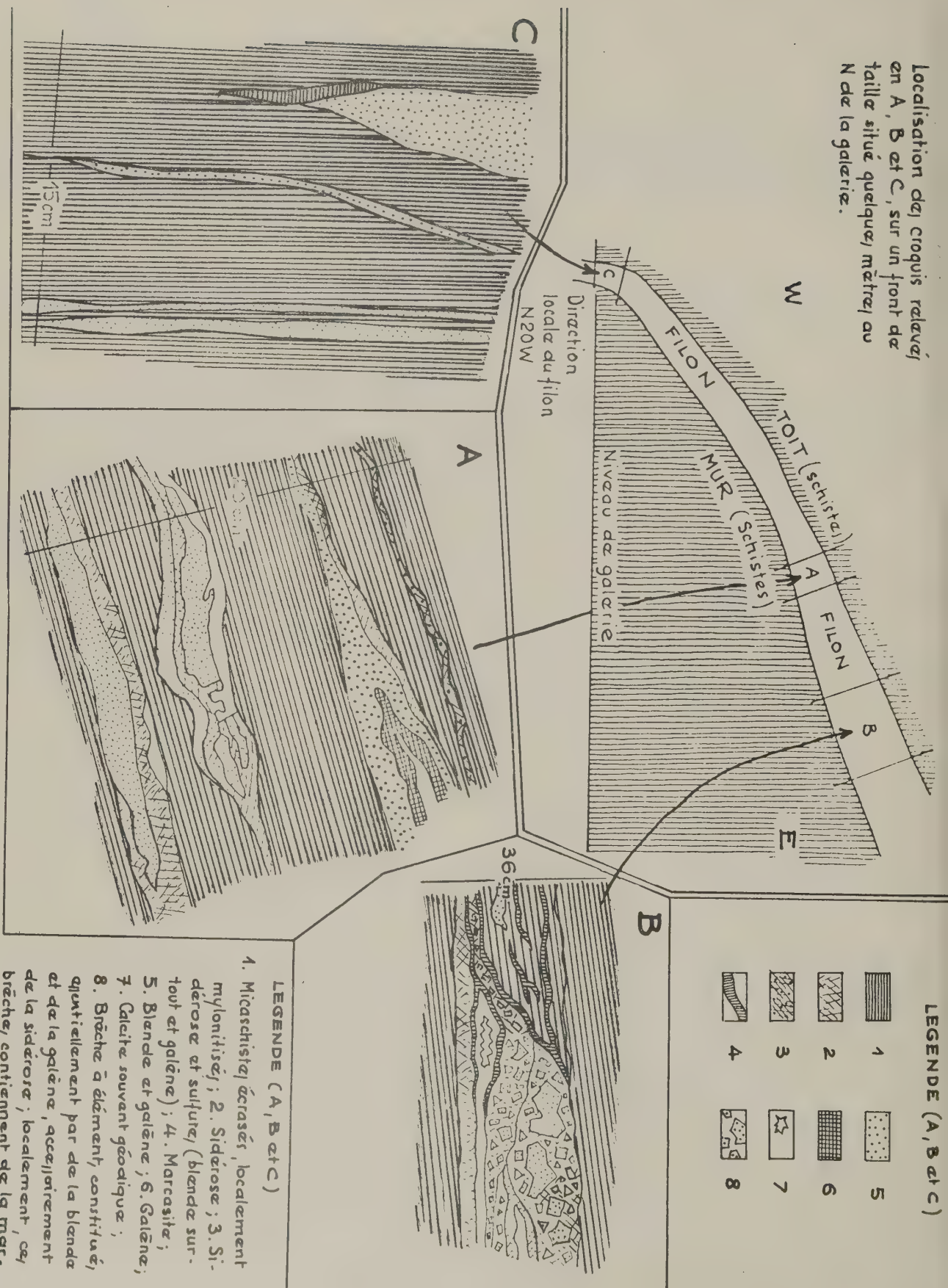


Fig. 229. - Filon de la Sobrina (aspect de la minéralisation quelques mètres sous le niveau du travers-banc, galerie N).

- galène et blende (avec de minuscules inclusions de chalcopryrite) ;
- sidérose ;
- calcite.

La sidérose peut manquer et on peut observer alors des cristallisations de blende et de galène automorphes sur les parois de petites géodes, où de rares cristaux de calcite se sont développés ensuite.

Le remplissage du filon principal est beaucoup plus complexe. Les fig. 228 et 229 en illustrent les caractères.

Une succession a pu être proposée (tableau XI) dans laquelle on reconnaît tous les éléments des filonnets latéraux avec en plus d'abondantes cristallisations de marcasite cimentant des fragments anguleux de sidérose et de sulfure, l'ensemble pouvant être bréchifié à son tour puis cimenté par une autre génération de sidérose et de marcasite. Dans le filon central, marcasite et calcite sont toujours les derniers minéraux à avoir cristallisé.

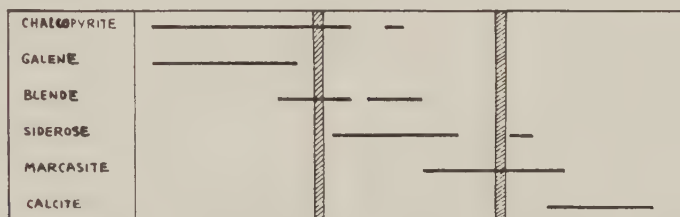


Tableau XI. — Diagramme de paragenèse proposé pour le filon de la Sobrina.

Comme les filons à blende et galène des Névado-Filabrides, ce filon renferme une teneur assez élevée en argent et ce métal au dire des exploitants, aurait été concentré dans la galène et peut-être aussi dans la sidérose.

Sur le terrain, aucune relation n'a pu être observée entre ce type de minéralisation et les concentrations métalliques reconnues dans le Trias de la nappe de Gador recouvrant ici les schistes noirs névado-filabrides. Il n'a pas non plus été possible d'étudier les rapports entre ce filon et le contact anormal sus-jacent.

Ce filon représente-t-il une exsudation de métaux déjà contenus dans les micaschistes graphiteux ? Un remplissage de fractures ouvertes dans ces micaschistes par des solutions ascendantes, ou descendantes ⁽¹⁾ ? Dans l'état actuel, il est impossible de répondre à de telles questions. Seul, un fait peut être avancé :

(1) Une telle hypothèse a déjà été émise par M. DEMAY (1924) pour des filons à Pb et Zn de la région de Cartagena.

les directions de fractures comprises entre NS et NW-SE sont des directions régionales récentes ainsi, on serait tenté de voir dans ce filon une minéralisation également récente.

Pour éclairer ces problèmes il ne faudra pas négliger les rapports possibles entre les minéralisations de ce type et celles qu'on observe dans les marbres ferrugineux névado-filabrides et en-dessous de ceux-ci. Un exemple de ces minéralisations existe sur l'extrémité occidentale de la Sierra Alhamilla où l'on observe les faits suivants, dans la haute Rambla de Indalecio.

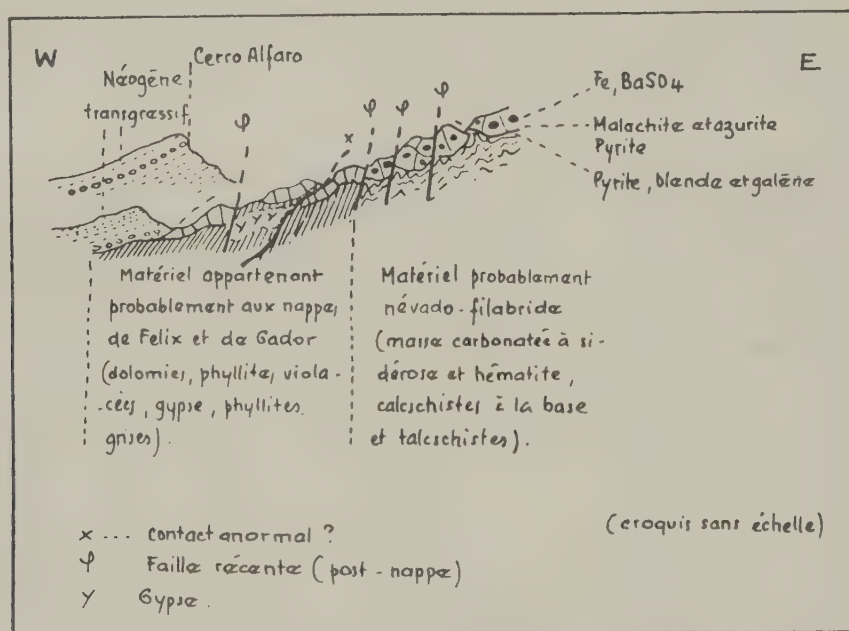


Fig. 230. — Localisation des indices minéralisés de l'extrémité occidentale de la Sierra Alhamilla. (Haute Rambla de Indalecio).

La haute Rambla de Indalecio montre un secteur où la tectonique récente (failles de direction oscillant entre NS et NW-SE, à pendage W) et des gisements en masse ont contribué à réaliser un assemblage chaotique dans lequel on reconnaît du matériel alpujarride (phyllites, dolomies) associé à du matériel difficilement identifiable (cargneules et roches carbonatées ferrugineuses en particulier) sans une cartographie complète à l'échelle du 1/50 000e.

Les masses carbonatées ferrugineuses évoquent du matériel névado-filabride sans que je puisse l'affirmer, faute de levés détaillés de la zone. Elles sont parcourues par un réseau dense de fractures remplies de barytine et à leur base transformées en cargneules surmontant des calcschistes et des schistes talqueux.

Les calcschistes sont riches en enduits de malachite et d'azurite et localement à leur base, en pyrite. Dans ces mêmes niveaux, on trouve aussi de la blende et de

la galène remplissant des filonnets ou constituant de petits amas dans les cargneules (fig.230). La ressemblance des cristallisations de blende et de galène observées ici avec celles du filon de la Sobrina est très frappante.

2 — MINÉRALISATIONS DE LA NAPPE DE LUJAR

Ces minéralisations ont été étudiées par H. LEROY (1967). Elles se situent dans la série carbonatée de cette nappe et renferment essentiellement de la galène, des oxydés de plomb et de la fluorine associées à des roches dolomitiques, à la "franciscaine" et localement à des calcaires (fig.231) :

D'après H. LEROY (op. cit.), la minéralisation se situe sous et dans des dolomies dites moyennes et dans des dolomies dites supérieures renfermant de nombreuses intercalations argileuses. Accessoirement, on en trouve encore dans les dolomies dites inférieures. Il est bien évident que si l'on admet que la série de la nappe de Lujar est à l'endroit sous les phyllites de la nappe de Gador, il faut voir la minéralisation dans les dolomies inférieures (D2), dans et sur les dolomies moyennes (D1) et dans des dolomies supérieures (Do).

Pour H. LEROY, les calcaires situés sous ces dolomies moyennes sont des calcaires détritiques renfermant de la fluorine. Dans ces dolomies moyennes et supérieures, les cristallisations en "franciscaine" sont plus ou moins intenses. Les intercalations argileuses de ces dolomies supérieures sont nombreuses, anarchiques et la galène s'y "présente alors en masses d'aspect bréchique extrêmement poreuses et intimement mêlées à la fluorine".

Entre les deux masses dolomitiques s'intercalent des calcaires gris, beiges ou roses, renfermant de nombreux lits argileux jaunes, parfois verts.

Ces descriptions rappellent les faciès observés en Sierra de Gador et, au moins en ce qui concerne les dolomies dites supérieures et les calcaires situés sous les dolomies moyennes, l'analogie devient encore plus frappante si l'on songe que les argiles à fluorine et galène et les calcaires à fluorine pourraient bien représenter le type de minéralisation III défini dans la Sierra de Gador (celui qui remanie les minéralisations de type II et I).

Pour H. LEROY (op. cit.), la minéralisation se serait déposée le long d'une zone NE-SW de haut-fond, dite 1 et séparée d'une autre zone 1 par une zone 5 à série beaucoup plus puissante. (fig.231, réalisée à partir des schémas du chapitre IX Tome I).

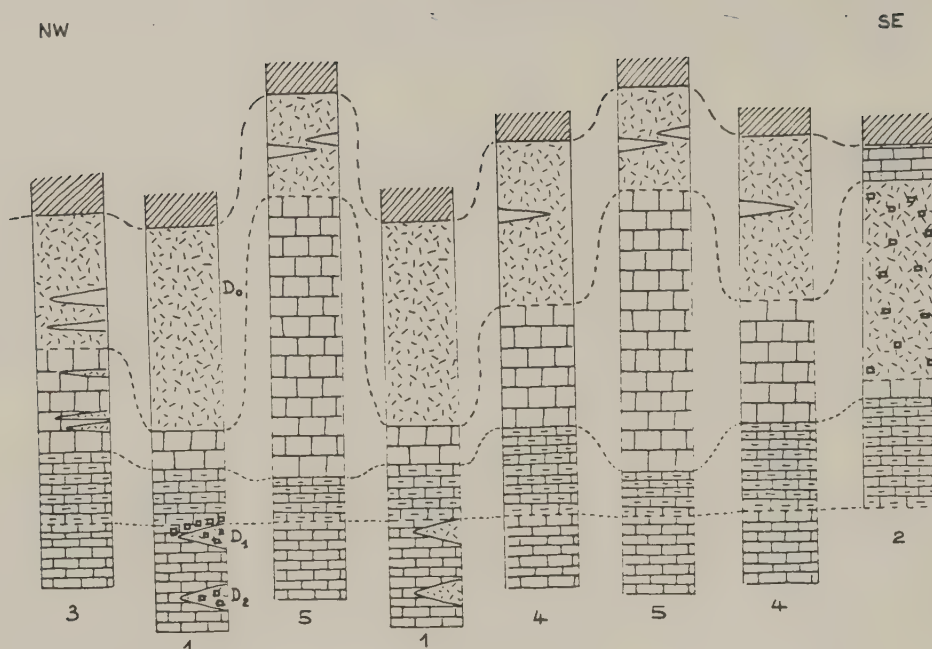


Fig. 231. — Localisation des minéralisations de la nappe de Lujar (Sierra de Lujar).
(d'après les indications données par H. LEROY (1967) les séries sont
disposées ici comme sur le terrain).

Ainsi, les minéralisations en galène (et oxydés de plomb) et fluorine (pyrite et blende ne sont ici qu'accessoires) de la Sierra de Lujar, nées dans des faciès comparables à ceux observés en Sierra de Gador ne différeraient de celles de cette dernière que par leur disposition le long d'un haut-fond NE-SW puisque dans la zone de la Estrella, au contraire, elles se situent dans une aire à subsidence plus forte que la moyenne, orientée NW - SE.

Il faut rappeler qu'en ce qui concerne leur origine, H. LEROY (op.cit.) semble avoir accordé beaucoup d'importance au rôle possible des argiles (G. ATAMAN, 1964, A. WEISS et G.C. AMSTUTZ, 1966) pour la genèse des minéralisations plombifères et au rôle des solutions magnésiennes et fluorées, pour la genèse des niveaux de "franciscaine" pendant la diagenèse. On a vu que sur ces deux points l'existence de dolomies massives, noires, dépourvues d'argiles riches en galène et fluorine permettrait de ne pas être d'accord avec ces vues, d'autant plus que si leur couleur est due à l'abondance de matières organiques, ces dernières peuvent avoir joué un rôle important dans la fixation des minéralisations (E.V. ROSHKOVA et O.V. SCHTSCHERBAK, 1956).

En Sierra de Lujar, H. LEROY (1967) ne semble pas avoir noté de zonalité dans les minéralisations au sein d'un même niveau, par contre il a remarqué une

plus grande richesse de ses dolomies supérieures (D2) en oxydés de plomb et de zinc et en pyrite par rapport aux dolomies D1 et D0.

Finalement, compte tenu des doutes qui subsistent à propos du sens de la série, on ne pourra retenir des minéralisations de la nappe de Lujar en Sierra de Lujar, qu'elles sont caractérisées par l'abondance de la galène et de la fluorine au sein de faciès rappelant ceux de la zone de la Estrella et disposées dans une aire étroite orientée NE - SW.

Dans la fenêtre d'Albuñol où affleure cette même nappe, je n'ai pu observer que des minéralisations en galène du type I dans des faciès rappelant ceux du sommet de t2b de la nappe de Gador. Dans la fenêtre de Turon, on trouve des minéralisations de type I, II et III et ces dernières renferment des oxydés de cuivre.

3 — MINÉRALISATION DE LA NAPPE DE FELIX

Dans la région étudiée, la nappe de Felix renferme un certain nombre d'indices minéralisés situés dans les ensembles t1, t2a et t2b.

3.1. Les indices de t1

Dans le secteur compris entre Vicar, Felix et Aguadulce et dans les lambeaux au S de Laujar de Andarax, j'ai pu récolter des échantillons de phyllites vertes renfermant du cuivre.

La minéralisation s'y présente sous forme d'enduits malachitiques entourant des nodules de sulfure très altérés, emprisonnés dans les phyllites ou dans des nodules de quartz et de sidérose de ces phyllites. Les sulfures y sont écrasés et représentés par de la chalcosite et de la covellite. Les nodules ne dépassent jamais la taille du centimètre cube.

Il faut encore rappeler dans cette série la présence de fer autrefois exploité dans l'ensemble t1 de la nappe de Felix (chapitre VII du Tome I). Le fer est abondant dans des niveaux plus ou moins étendus sous la forme de sidérose ou d'oxydes divers provenant probablement de la démolition de la sidérose au cours du métamorphisme.

Au NE et à l'E de la Province d'Almeria à propos de ces ensembles t_1 , il faut encore signaler la présence de mercure, (fig. 232), de cobalt et d'antimoine dans des unités tectoniques qui tiennent à la fois de la nappe de Gador par leur série carbonatée et de la nappe de Felix par leur Permo-Trias (très peu métamorphique au sommet et renfermant des niveaux de micropoudingues intraformationnels encore reconnaissables). Ces métaux se situent dans d'anciennes pélites, riches en calcite ou en sidérose et en chlorite surmontées par d'anciennes pélites noires ou dans des intercalations carbonatées de la série gréso-pélitique (t_2) aujourd'hui très légèrement métamorphique.

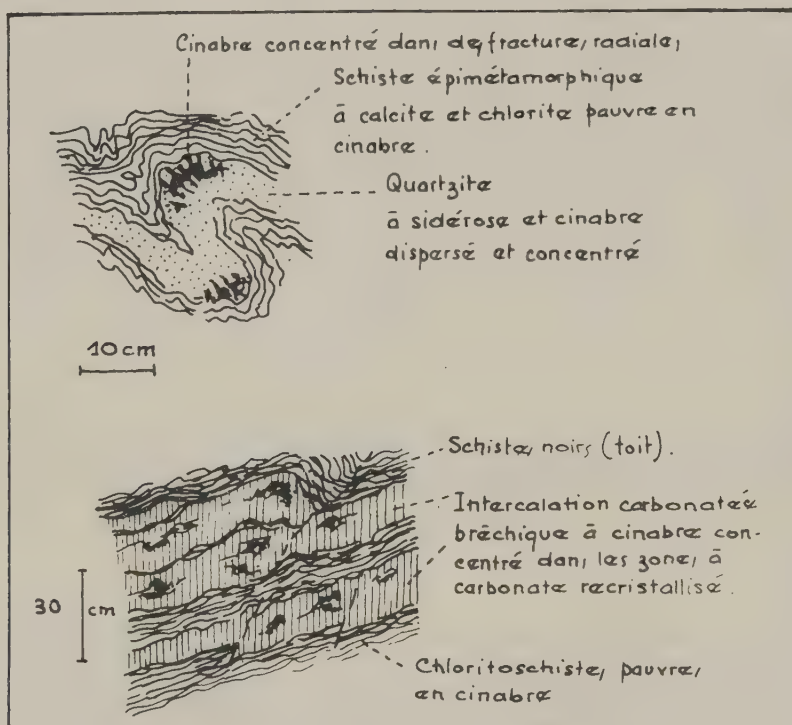


Fig. 232.— Exemple de minéralisation en cinabre dans des phyllites et leurs intercalations carbonatées appartenant à une série t_1 voisine de celle de la nappe de Felix. Les plis et fractures sont attribuables à la tectonique post-nappes (mine de Bayarque). Les intercalations carbonatées sont généralement dolomitiques.
(Dessins d'après des photographies).

3. 2. Les indices de t_{2a}

J'ai pu noter dans ces formations toujours très réduites (1 à 2 mètres d'épaisseur dans cette nappe) un indice minéralisé en cuivre, l'autre en barytine.

Au km 13,5 de la route Roquetas-Alicun, le cuivre se présente sous la forme de carbonate et de sulfure en enduits et mouches dans les calcschistes si-

liceux écrasés entre des phyllites grises et de dolomies noires très fracturées. Les nodules de sulfures (chalcosite) ne sont associées qu'aux calcschistes tandis que leurs produits d'altération, les enduits d'azurite et de malachite sont disséminés dans les fractures des dolomies qui les surmontent.

Un tel type de minéralisation a été encore observé près de Bayarque (au N de la Sierra de los Filabres) dans l'unité tectonique déjà signalée.

Au N du village d'Enix, des calcaires siliceux en plaquettes situés entre phyllites et dolomies sont sillonnés par des veinules remplies de barytine. (Près de la Balsa del Marchalto).

3.3. Indices de t_{2b} .

Entre Fondon et Canjayar, le Cerro del Capitan est constitué par un lambeau de la nappe de Felix renfermant des phyllites grises ou violacées, puis des pélites rougeâtres, surmontées par des dolomies noires très fracturées.

Un certain nombre de puits ont été foncés dans ces dolomies noires, sur le versant oriental du Cerro. Aucun affleurement minéralisé n'a pu être trouvé mais l'examen des haldes de ces puits a montré la présence de dolomies noires à mouches de galène rappelant tout à fait le type de minéralisation I de la nappe de Gador. Aucune trace de fluorine ou de dolomie transformée en "franciscaine" n'a été reconnue sur ce secteur.

3.4. Conclusions sur les minéralisations de la nappe de Felix.

Dans la région qui a fait l'objet de cette étude, les séries attribuées à la nappe de Felix sont caractérisées par des minéralisations de peu d'importance, cantonnées à l'ensemble t_1 pour l'essentiel (barytine, cuivre, fer). Exceptionnellement, à l'W de la zone, l'ensemble t_2 renferme de la galène.

Le domaine de la nappe de Felix qui se différenciait de celui de la nappe de Gador par ses séries beaucoup plus réduites s'en distingue également par la localisation et la nature des minéralisations qu'il renferme.

Bien que la plupart des indices se situent dans des horizons légèrement métamorphiques ou à la limite des effets du métamorphisme (t_1 et t_{2a}), affectés ensuite par la tectonique post-nappes, l'étroite liaison qui existe entre les minéralisations et un type de roche bien déterminé, incite à attribuer une origine syngénétique aux minéralisations :

— cuivre associé à des pélites riches en chlorite et calcite ou à des calcaires siliceux et argileux (passage de la série détritique à la série carbonatée) ;

— barytine associée au passage de t_1 à t_2 (calcaires détritiques) ;

— mercure, antimoine et cobalt associés à des intercalations carbonatées dans la série t_1 ou à des pélites riches en calcite et chlorite situées généralement sous des pélites noires probablement riches en matières organiques.

Ainsi, l'ensemble t_1 de ce domaine fait songer aux "Kupferschiefer" allemands et à ce titre mériterait à lui seul une étude complète (cette étude est actuellement en cours).



CHAPITRE XVIII

CONCLUSIONS RELATIVES A LA GEOLOGIE MINIERE

1 - REPARTITION GEOGRAPHIQUE ET LITHOSTRATIGRAPHIQUE DES MINERALISATIONS

L'étude de la géométrie régionale et l'analyse des séries lithostratigraphiques a permis de reconnaître l'existence de cinq ensembles superposés dans la Sierra de Gador et ses bordures. Le plus élevé de ces ensembles ne renferme pas de concentrations métalliques ⁽¹⁾ dignes d'intérêt tandis que les quatre autres en contiennent (Névado-Filabrides, Nappe de Lujar, Nappe de Gador et Nappe de Felix ; Pl. XXIV).

L'Ensemble Névado-Filabride, caractérisé par l'importance de son matériel ancien et la faible puissance de sa couverture d'âge probablement permotriasique renferme des concentrations de fer supergène dont l'extension géographique est un trait exclusif. De plus, cet ensemble est parcouru localement par des filons à blende, galène, pyrite et chalcoppyrite, riches en argent. Ces filons paraissent avoir un âge relativement récent (postérieur semble-t-il à la tectonique de nappe) dont l'origine n'est pas éclaircie. Exceptionnellement, on a vu que des roches carbonatées ferrugineuses attribuables à cet ensemble pouvaient renfermer également de la blende, de la galène, du cuivre et de la barytine.

La nappe de Lujar recèle d'importantes minéralisations en plomb (galène ou oxydés), et en fluorine localement accompagnée par des oxydés de cuivre et même de zinc. Ces minéralisations sont cantonnées dans la série carbonatée de la nappe sans que l'on puisse préciser si c'est vers le haut ou vers le bas.

(1) L'absence de minéralisations dans le Paléozoïque local ne correspond pas à une absence générale puisque, dans le Rif, des niveaux d'âge et de constitution comparables renferment des minerais de plomb, zinc, cuivre et antimoine (Y. MILLIARD, 1959 - Ph. MORIN, 1959).

La nappe de Gador, qui a fait l'objet principal de cette étude, a livré des indications précieuses sur les zonalités des minéralisations qui se manifestent à l'échelle d'un gisement et à l'échelle de la région. Dans cette nappe, la galène est le minéral omniprésent dans l'ensemble t_{2b} ; localement, il est associé à la fluorine, ailleurs à la barytine et aux oxydés de cuivre ou aux oxydés de cuivre seuls. Les aires où se situent ces associations de minerais coïncident avec tel ou tel domaine paléogéographique de la nappe : les séries les plus réduites sont caractérisées par l'association de la galène et de la barytine tandis que les séries les plus puissantes voient la coexistence de la galène et de la fluorine (accessoirement aussi, elles renferment des indices de zinc et de mercure). Pour mémoire, il faut rappeler encore que les quartzites de l'ensemble t₁ de la nappe de Gador peuvent contenir un peu de cuivre (dans la région étudiée) et également du cuivre et du mercure (en Sierra Cabrera).

La nappe de Felix renferme des indices de cuivre et de fer dans lesschistes épimétamorphiques de l'ensemble t₁, des indices de cuivre et de barytine au passage de t₁ à t₂ et tout à fait exceptionnellement du plomb (galène) dans sa série t₂.

Ainsi, les domaines de ces trois dernières nappes ont fixé des associations différentes d'éléments à différentes époques du Permo-Trias. Si le petit nombre des indices ne permet pas toujours de dresser une carte nette de ces associations dans chaque nappe, par contre, dans la nappe de Gador, les limites qui peuvent être tracées entre elles épousent les limites paléogéographiques esquissées lors de l'étude régionale : les domaines qui avaient déjà été délimités (Pl. XVII et XVIII) peuvent maintenant être indexés (Pl. XXIV).

2 — TYPES DE MINÉRALISATIONS

Dans l'ensemble Névado-Filabride, trois types de minéralisations sont représentés :

- les filons des "schistes noirs" d'origine encore inconnue ;
- les amas encaissés dans les structures karstiques ;
- les niveaux ferrugineux concordants dans les calcaires métamorphiques auxquels s'associent localement le zinc, le plomb, le baryum et le cuivre.

Dans les séries carbonatées des nappes de Lujar et de Gador, trois types sont également représentés :

- le type I syngénétique ou diagénétique précoce, à environnement simple ;
- le type II diagénétique tardif ;
- le type III produit du remaniement des deux précédents (syngénétique).

Dans la série carbonatée de la nappe de Felix, seul le type I, exceptionnel, paraît représenté.

Dans les ensembles t_1 et t_2 des nappes de Gador et de Felix, les indices de cuivre, de fer et de barytine sont associés à des niveaux particuliers (schistes chloriteux, calcaires détritiques etc ...) et à ce titre peuvent être considérés comme stratoïdes et probablement nés en même temps que des sédiments pélitiques peut-être déjà chloriteux ou des calcaires gréseux. Par la suite, comme leur support, ces minéralisations ont été l'objet de concentrations locales et d'altérations liées au métomorphisme, à la tectonique post-nappes et aux agents atmosphériques.

3 — AGE ET NATURE DES MINÉRALISATIONS

3. 1. Age des minéralisations

Les filons des Névalo-Filabrides greffés sur des fractures post-nappes pourraient avoir une origine relativement récente ⁽¹⁾ .

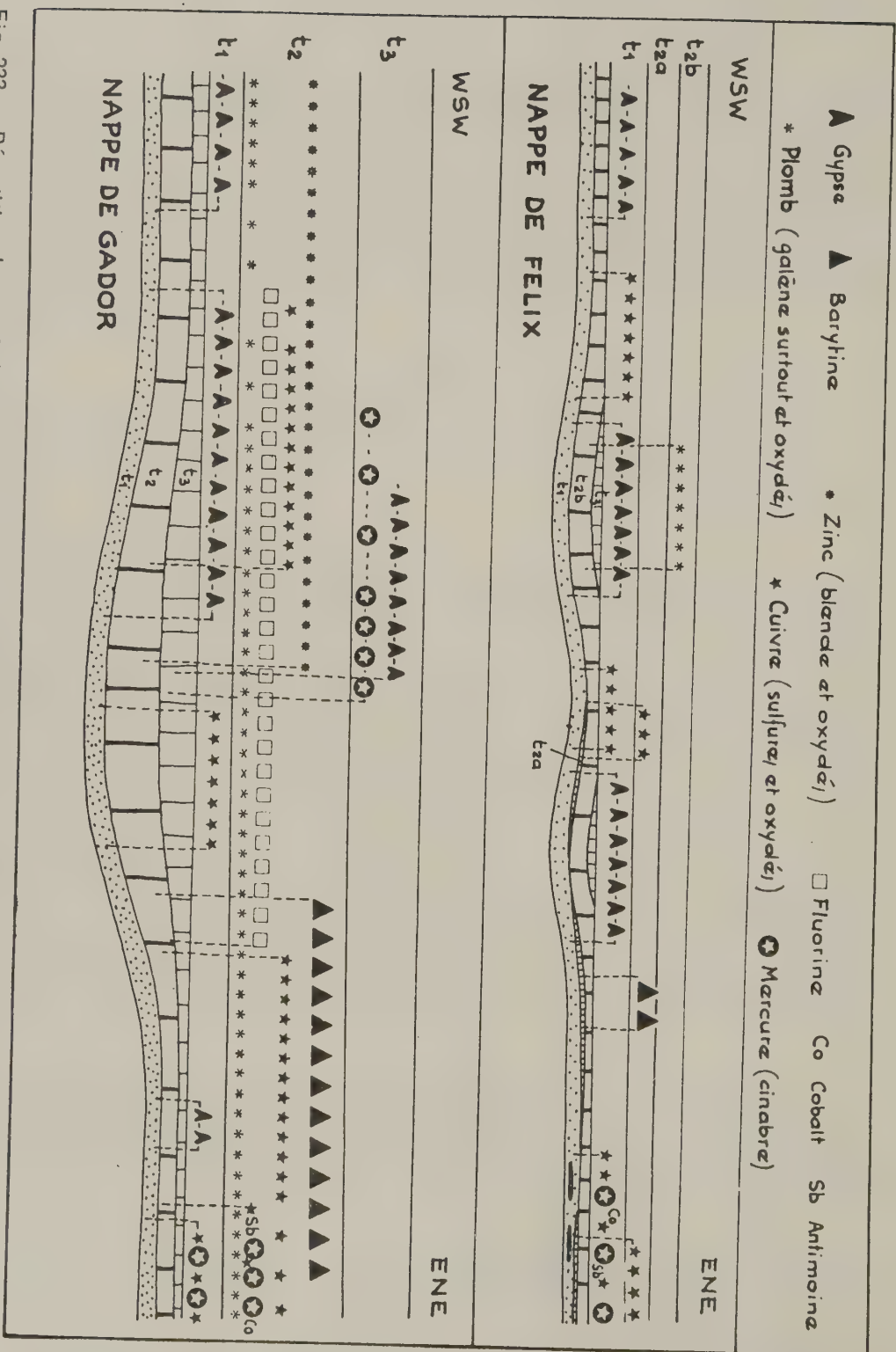
Les minéralisations stratoïdes ⁽²⁾ des ensembles t_2 des nappes de Felix, de Gador et de Lujar sont probablement d'âge triasique ⁽¹⁾ sans que l'on puisse donner plus de précision au moins tant que la position des minéralisations de la Sierra de Baza par rapport aux horizons datés par P. FALLOT et al. (1954) ne sera pas connue exactement. J'avais pensé à un âge Virglorien ou Ladinien (J.P. JACQUIN, 1965) ⁽³⁾ . Dans la Sierra de Gador, où aucun fossile stratigraphique n'a été récolté et dans la nappe de Lujar où le sens de la série reste sujet à caution, les déductions de ce genre (J. BOULIN et al., 1966) ne peuvent toujours être considérées que comme des hypothèses. Ainsi, il n'est pas certain que l'âge des minéralisations du Trias bétique soit identique à celui des principales minéralisations du Trias alpin (Ladinien — H. J. SCHNEIDER, 1964, Ph. LAGNY, 1965).

Quant aux minéralisations de l'ensemble t_1 , elles paraissent localisées assez haut dans la série permo-werfénienne sans que l'on puisse donner plus de précision et en particulier sans que l'on puisse dire si elles sont permienes ou werfénienes.

(1) Ces conclusions sont confirmées par des mesures d'âge absolu. Ces mesures feront l'objet d'une publication à part en collaboration avec MM. A. BERNARD et Ch. KOSTOLANYI.

(2) Au sens de A. BERNARD : « masse minéralisée exploitable dont la disposition est concordante avec la stratification des roches encaissantes ». (Conf. faite à PORTO - Fomento Mineiro - oct. 1966).

(3) Rapport inédit : « Etat des recherches dans la Sierra de Gador ».



Les ultimes concentrations observées (mercure de la base de l'ensemble t₃ de la nappe de Gador) ne peuvent pas non plus être datées avec précision. En Sierra de Gador, on peut avancer que les concentrations de mercure sont postérieures à celles de fluorine et de plomb.

3. 2. Associations de minéralisations et âge des dépôts.

L'ensemble t₁ renferme du cuivre, du mercure, du cobalt, de l'antimoine et un peu de fer, mais je n'y ai jamais trouvé de galène ou de fluorine ni de barytine.

L'ensemble t₂ renferme toutes ces dernières minéralisations soit dans t_{2a}, soit dans t_{2b} ; le mercure et le cuivre n'y jouent qu'un rôle très accessoire de même que le zinc, sauf dans les environs de Motril (Mine Pepita) pour cet ultime élément ⁽¹⁾.

Dans les séries des nappes de Gador et de Felix, il semble que l'on puisse distinguer chronologiquement la succession suivante :

Permo-Werfénien ...	t ₁	Hg, Cu, Co, Sb, Fe	Epoque 1
	t _{2a}	Cu, Ba	Epoque 2 ⁽²⁾
Trias	t _{2b}	F, Pb, Ba, Cu, Zn	Epoque 3
	t ₃	Hg	Epoque 4

Aux différentes époques métallogéniques (maximum de fixation de certains éléments), la répartition des métaux n'est pas homogène dans le domaine interne (Pl. XXV). Que l'on adopte l'hypothèse paléogéographique du "sur-charriage" ou du "sous-charriage", les ensembles t₁ des nappes de Gador et de Felix paraissent plus riches en métaux à l'E qu'à l'W et le mercure y est cantonné à l'E ; dans les niveaux de transition (t_{2a}) discontinus, entre série détritique et série carbonatée, aucune zonalité n'apparaît ; dans les ensembles t_{2b} des nappes de Felix, de Gador et de Lujar, le cuivre n'est abondamment représenté qu'à l'E de la zone à fluorine et galène tandis que le zinc ne semble abondant qu'à l'W de cette dernière et quant au mercure, il n'apparaît que tout à fait à l'E de la nappe de Gador (en Sierra Cabrera). Très schématiquement, sur deux coupes idéalisées, ces résultats peuvent être exprimés comme l'indique la fig. 233 (pour les nappes de Gador et de Felix).

-
- (1) Ces remarques ne concernent que les minerais exprimés en quantité appréciable au moins microscopiquement. D'après F. LUXAN (rapport inédit), les dolomies de t_{2b} renfermeraient en outre les métaux suivants : Sr, Ag, Cd, Bi, d'après des analyses chimiques.
- (2) En Sierra Cabrera, dans une série attribuable à la nappe de Gador, et où la série carbonatée débute directement par des dolomies, cette époque est représentée par une minéralisation pauvre, à Sb, Co, Hg, et Cu.

Dans l'Ensemble névado-filabride, s'il existe peut-être des minéralisations stratiformes à la base de la série carbonatée (cuivre, plomb, zinc, barytine attribuables à l'époque 2 ?), il semble que seule l'époque 3 soit encore représentée au-dessus (fer des reliefs karstiques) correspondant à une période d'émergence de ce domaine. Dans ce domaine encore, une époque que l'on ne trouve pas ailleurs, serait représentée, celle pendant laquelle se constitue le filon de la Sobrina et peut-être d'autres filons ; cette époque pourrait se situer entre le Trias et le Néogène.

Ainsi, mis à part le fer de l'époque 3 des Névado-Filabrides qui représente un cas un peu spécial, le maximum d'intensité de fixation de quelques éléments dans les domaines de sédimentation correspondant aux nappes de Lujar, de Gador et de Felix, peut se résumer comme l'indique la fig. 234. Ces époques correspondent-elles à des moments où les apports en tel ou tel élément passent par des maxima ? Correspondent-elles à des moments où les éléments sont lessivés, en grande quantité sur le continent ? Il est bien difficile de trouver une réponse à de telles questions puisqu'on pourrait aussi bien imaginer que les eaux du bassin bétique ont été alimentées en tous ces éléments pendant la totalité du temps compris entre les époques 1 et 4 mais que la fixation ne s'est opérée que lorsque des conditions générales et locales ont été réalisées. Seule une étude géochimique poussée permettrait de répondre à ces questions (M. TREUIL, 1970).

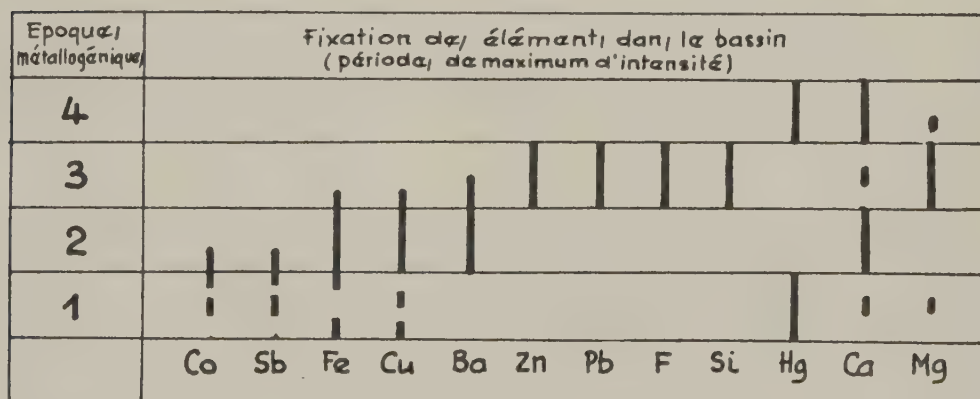


Fig. 234. — Répartition des maxima de fixation de quelques éléments dans le temps (séries des nappes de Gador et de Felix).

Dans le domaine de la nappe de Gador, les minéralisations de l'époque 3 se situent toutes à la fin d'une époque de sédimentation sous faible tranche d'eau et avant une reprise de la subsidence. Les concentrations les plus fortes apparaissent là où la reprise de la subsidence sera marquée par le plus grand nombre de discordances mineures (expression de l'instabilité de la zone dès la fin de l'époque t_{2b}) engendrant au total une véritable discordance de l'ensemble t₃ sur l'ensemble t_{2b}).

4 — ORIGINE DES MINERALISATIONS.

Aucun argument n'a été trouvé en faveur d'une origine endogène directe ou indirecte pour ces minéralisations. Tout juste pourrait-on s'interroger sur une liaison possible entre la mise en place des diabases et du mercure de la nappe de Gador, mais là encore, sur le terrain, aucune relation directe n'a été mise en évidence jusqu'à présent.

Les étapes de la mise en place de ces minéralisations représentent donc un processus comparable à celui de la formation de leurs roches-supports. Poser la question de leur origine revient à se demander quelle est la région où se trouvait le stock initial puis comment ce stock a pu être redistribué et fixé dans le bassin Permo-Triasique bétique.

Si ce problème a déjà pu être résolu dans des domaines épicontinentaux, autochtones (voir par exemple A. BERNARD, 1961), il est plus difficile à résoudre dans le cas de la région qui fait l'objet de cette étude puisque les séries minéralisées ont été déplacées sur de grandes distances.

L'âge triasique de ces minéralisations étant admis, on peut imaginer que le stock initial se trouvait par exemple dans la bordure méridionale de la Meseta ibérique où la région d'Huelva à l'W ou une partie de la province de Jaen au N ont pu libérer la quantité d'éléments nécessaires à la constitution des concentrations bétiques. On pourrait aussi imaginer des sources qui se seraient situées sur un continent aujourd'hui disparu, à l'emplacement de la Méditerranée. Mais cette solution est encore plus hypothétique que la première (voir le Tome I).

Pour arriver à un schéma plus cohérent, il faudra attendre l'achèvement de l'inventaire des minéralisations de toutes ces nappes internes puis la connaissance métallogénique des domaines externes de la chaîne.

5 — ESQUISSE D'UNE SYNTHÈSE SUR LES MINERALISATIONS DE LA REGION ETUDIEE. RETOUR AUX PROBLEMES REGIONAUX ⁽¹⁾.

Compte tenu de la dimension de la région, j'ai choisi la solution qui consiste à représenter indépendamment les aires correspondant à chacune des nappes

(1) Tenter une synthèse sur les minéralisations d'une région revient finalement à en dresser une carte métallogénique.

Si cette opération est bien délicate dans une aire constituée de formations autochtones et pose déjà des problèmes épineux sans étude géochimique et au niveau du choix de ce que l'on veut représenter (P. LAFFITTE et al. 1965), dans une région de nappe, l'affaire est encore plus compliquée. Si les différentes nappes renferment chacune leur minéralisation propre et que par hasard deux indices se superposent géographiquement, la réalisation d'une carte parlante devient vite impossible à une échelle inférieure au 1/ 100.000 e. Si l'on adopte cette dernière et que l'on démonte la pile de nappes pour représenter celles-ci indépendamment, il faudra alors multiplier les cartes pour éviter de confectionner des documents de trop grande dimension. Même l'emploi de figurés conventionnels avec des couleurs différentes pour chaque nappe, toute question de prix de revient mise à part, ne permet pas une représentation claire des faits géologiques et miniers.

en les replaçant dans les deux hypothèses paléogéographiques possibles. Les cartes ainsi obtenues (Pl. XXV) traduisent la répartition des minéralisations aux époques métallogéniques 1 et (2 + 3) et localement, à propos de la nappe de Gador (2 + 3 + 4). Ce document a été établi en éliminant la tectonique post-nappe, sans influence notable sur la répartition des minéralisations des époques 1, 2, 3 et 4 ; par contre, cette tectonique a été figurée à propos de l'ensemble Névalo-Filabride puisque le filon de la Sobrina pourrait lui être lié (failles post-nappes).

L'examen de la planche XXV fait apparaître les faits majeurs déjà signalés concernant la personnalité métallogénique des aires appartenant aux diverses nappes ainsi que certains liens de parenté entre ces aires (zone à fluorine et plomb des nappes de Gador et de Lujar, par exemple). Le manque de données et la dimension de zones inaccessibles aux observations interdit encore de tenter de relier les aires correspondant à telle ou telle association de minerais d'une nappe à l'autre, toutefois, dès maintenant, quelques faits importants apparaissent déjà :

— les zones traversées par les coupes ESE — WNW de la fig. 233 semblent avoir des axes grossièrement orientés SE — NW, et elles se succèdent de manière voisine du NE vers le SW à travers chaque nappe (voir la répartition du plomb, du cuivre, de la fluorine dans les nappes de Lujar et de Gador, par exemple). On retrouve là des conclusions identiques à celles de l'étude régionale : dans chaque nappe, une série-type peut être définie ainsi que des variantes et c'est dans les variantes que l'on peut trouver des séries proches de celles de la nappe plus élevée (voir les comparaisons dans le Tome I) ; dans chaque nappe, il existe un minerai dominant et des minerais accessoires et c'est en examinant leur répartition que l'on peut trouver dans une nappe des aires ayant des affinités pour une nappe plus élevée ou inférieure (galène de la nappe de Felix annonçant l'aire à plomb de la nappe de Gador ; aire à galène et fluorine de la nappe de Gador s'apparentant au domaine à galène et fluorine de la nappe de Lujar) ;

— à la ressemblance des séries de la nappe de Gador (de l'E de la région) avec celles de la nappe de Felix se superpose la parenté des associations de minerais (mercure, cuivre, antimoine et cobalt) représentés dans les deux nappes.

Le raccordement précis entre telles ou telles zones actuellement superposées n'est pas encore réalisable faute d'observations et par le fait que l'alignement des aires minéralisées coïncide presque avec la direction des mouvements tangentiels. Il n'est donc pas encore possible d'opter en faveur du "sous-charriage" ou du "sur-charriage" par le simple examen d'un tel type de document, mais l'intérêt de la méthode ne me paraît plus devoir être négligé pour atteindre ce but. De plus, pour la recherche minière stratégique, c'est actuellement la seule voie qui me paraisse devoir être suivie dans la zone bétique où l'on peut tenter d'esquisser la définition d'une province métallogénique.

6 - PROVINCE ET EPOQUES METALLOGENIQUES BETIQUES .

A. BERNARD (1961) a tenté de préciser comment on pourrait caractériser une province métallogénique (L. DE LAUNAY, 1913) en utilisant le temps et l'espace.

Si l'on admet, comme je l'ai suggéré auparavant, que l'époque métallogénique (W. LINGREN, 1933) peut recouvrir la notion de moment correspondant au maximum de fixation de tel ou tel élément, ou d'un groupe d'éléments , une définition de la province métallogénique bétique peut commencer à être élaborée à partir de la zone étudiée.

Au cours de son évolution entre le Permien et le Trias (préorogénique, au sens de H.P. GEIS, 1960), la zone étudiée apparaît comme une aire favorable à la concentration de métaux dans des types de minéralisations à caractère stratoïde accusé et que l'on retrouve plus ou moins à travers toute la zone :

- types I, II et III de t_2 ;
- type associé au passage t_1 à t_2 , etc ...

Dans les séries permo-triasiques, les éléments concentrés sont fixés à des niveaux, toujours bien séparés sur chaque colonne lithostratigraphique, ce qui signifie qu'ils correspondent à 4 époques de fixation bien individualisées dans le temps.

Dans cette province, si l'on ne s'occupe que des minéralisations stratoïdes, un certain nombre de zones ont pu être distinguées :

- à l'W zone à zinc de l'époque 3,
- à l'E, zone à mercure de l'époque 1, etc ...

Les concentrations préorogéniques sont caractérisées par des paragenèses relativement simples et, au total, elles ne renferment qu'un petit nombre d'éléments (F, Pb, Zn, Cu, Fe, Ag, Hg) actuellement exploitables.

(1) Une telle utilisation de ce terme éviterait le flou qui l'entoure habituellement. A propos de fixation des éléments métalliques dans des sédiments, il faut noter au passage les emplois fréquents dans la littérature des termes de niveau à..., zone à..., époque à... et souligner le parallélisme avec l'emploi des mêmes termes en paléontologie stratigraphique. L'utilisation des minéralisations comme «fossiles» de faciès est en passe de devenir un fait ; ces minéralisations ne pourraient-elles présenter un intérêt stratigraphique du moins régional ?

Au sein de la province métallogénique bétique, il faudra probablement faire d'autres distinctions dans le temps en tenant compte des conclusions de M. J. PAVILLON (1969) relative à la région de Cartagena où existent des remaniements préorogéniques (héritage supergène) et postorogéniques (liés au volcanisme) qui ne sont probablement pas limités à ce seul secteur minier.

Lorsque l'ensemble de la chaîne sera mieux connu ainsi que la répartition et la nature de toutes ses richesses minières, peut-être aussi arrivera-t-on à savoir de quelle (s) province (s) antérieure (s) la province bétique est l'héritière.

Pour mieux comprendre ces enchaînements, il y a encore de nombreuses recherches à entreprendre. Mais, dès maintenant, essayer de saisir les mécanismes de ces derniers ne semble-t-il pas plus prometteur que tenter de ranger la région dans tel ou tel modèle artificiel : comment intégrer la province bétique dans les cadres proposés, par exemple, par V. E. KHAIN (1962) à propos des arcs plissés ? Du point de vue purement spéculatif (intellectuel ou économique) l'éclaircissement des mécanismes de concentration dans un cadre spatio-temporel dont la diversité des aspects permet toujours d'appréhender plus ou moins l'évolution paraît la meilleure voie de recherche.



CONCLUSIONS GENERALES

Les résultats obtenus lors de l'étude géologique et minière de la Sierra de Gador et de ses bordures concernent d'abord la constitution et l'évolution d'un secteur dépourvu de carte jusqu'en 1967 et une région minière jusqu'à présent mal connue. D'autres résultats présentent un intérêt plus général.

1 - LA METHODE DE PRESENTATION.

En conduisant le lecteur à parcourir d'abord rapidement la Sierra de Gador pour y lever quelques coupes, c'est-à-dire en le familiarisant avec la géométrie de l'édifice et ses séries locales, puis en l'entraînant dans la dissection de cet édifice, j'ai utilisé une méthode qui m'a paru la meilleure pour présenter des résultats qui devraient être aussi objectifs que possible avant d'aborder une tentative d'interprétation régionale.

Cette méthode a été utilisée d'abord à propos des formations autochtones pour reconstituer la région après la mise en place des nappes, puis à propos de ces dernières. Elle m'a permis d'aboutir à deux reconstructions paléogéographiques possibles du domaine paléogéographique bétique servant de cadre à la géologie minière régionale.

Les différents types de gisements miniers et un certain nombre d'indices ont pu être situés ainsi dans leur environnement objectif. Finalement, deux ébauches de cartes métallogéniques d'une partie de la province bétique ont pu être élaborées.

Dans une région où les recouvrements anormaux sont importants, cette démarche générale me paraît digne d'être suivie, qu'il s'agisse de résoudre des problèmes géologiques régionaux ou des problèmes métallogéniques en pays de nappes.

Pour des raisons de clarté, j'exposerai maintenant les principaux résultats dans un ordre différent.

2 — CONSTITUTION GEOMETRIQUE DE LA REGION ETUDIEE. CHRONOLOGIE DES EVENEMENTS TECTONIQUES.

Dans le domaine de la Sierra de Gador et de ses bordures, les levés cartographiques m'ont conduit à reconnaître la superposition géométrique de cinq éléments structuraux qui sont les suivants de bas en haut :

- l'Ensemble névado-filabride (représenté par une ou plusieurs unités) ;
- la nappe de Lujar ;
- la nappe de Gador et ses deux sous-unités Gador I et Gador II ;
- la nappe de Felix ;
- les lambeaux malaguides.

Ces éléments structuraux n'ont pas tous la même extension géographique.

La nappe de Lujar paraît se terminer sous la Sierra de Gador pour ne pas réapparaître à l'E, par contre, on peut attribuer des séries reconnues dans les sierras Alhamilla et Cabrera à la nappe de Gador et à la nappe de Felix. A l'W, il est permis de supposer que ce sont encore les nappes de Gador et de Felix qui surmontent la nappe de Lujar dans un édifice où l'on peut penser que se poursuivent de grands cisaillements post-nappes dont le départ a été mis en évidence dans la Sierra de Gador.

La forme des limites entre les différentes nappes et la direction des plis les plus anciens observés sous les contacts permet d'envisager que les translations se sont opérées le long d'une direction proche de SE — NW.

Les cisaillements recoupent les axes de plis dont la direction est voisine de SE — NW. Dans ces accidents, aucune formation post-triasique n'est impliquée ; ils affectent un édifice de nappe déjà réalisé et sont eux-mêmes déformés par une tectonique postérieure qui a pu être datée.

Localement, l'âge de la tectonique tangentielle responsable des superpositions anormales n'a pu être précisé mais on peut avancer que la mise en place des nappes s'est achevée à peu près à la même époque que dans les zones plus orientales de la chaîne, c'est-à-dire à la fin du Lutétien. Par la suite, la pile de nappes a été découpée par de grands cisaillements entraînant le chevauchement de compartiments méridionaux sur des compartiments septentrionaux. Ces mouvements auraient pu se produire vers la limite Oligocène-Miocène d'après ce que l'on observe dans d'autres régions de l'édifice.

Après la mise en place des nappes, il est permis de supposer que l'Ensemble le plus élevé (lambeaux malaguides) a été affecté par des mouvements tardifs de peu d'importance quant à l'architecture régionale. Ces mouvements sont anté-tortonien.

La pile de nappes a été déformée encore une fois par des accidents souples et cassants dont le paroxysme des jeux se situe au Miocène supérieur (Tortonien) comme en d'autres points de la chaîne. La région ne semble pas avoir retrouvé son équilibre définitif (séismicité).

Finalement, l'histoire tectonique locale peut être schématisée ainsi :

- | | | | | |
|--|---|-------|--|---|
| 1. Mise en place des nappes | ? | |  | Mouvements tangentiels
tardifs dans les
Malaguides. |
| 2. Cisaillement de l'édifice de nappes
..... | ? | | | |
| 3. Déformations régionales tortoniennes. | | | | |
| 4. Séismicité actuelle, traduisant la poursuite d'une activité tectonique. | | | | |

La véritable tectogenèse appartient à l'épisode 1 au cours duquel les nappes se sont probablement mises en place par sous-charriage. J'ai songé à relier l'épisode des cisaillements à un rapprochement entre les blocs ibérique et africain. Les déformations d'âge 3 et 4 semblent affecter tout particulièrement la nouvelle marge continentale et demeurent difficiles à interpréter sans les secours de la géophysique.

3 — CONSTITUTION ET AGE DES SERIES REPRESENTÉES DANS LA REGION.

3.1. Séries autochtones.

L'histoire sédimentaire régionale post-nappes débute au Néogène, après ou peut-être pendant l'activité volcanique postérieure au paroxysme orogénique. La localisation et l'organisation des dépôts marins est régie pendant tout le Néo-

gène par le jeu des événements tectoniques affectant un édifice de nappe subissant de profondes modifications.

Cette histoire sédimentaire peut être subdivisée en trois épisodes :

- un épisode marin postérieur au début du volcanisme et d'âge probablement Helvétien-Tortonien, auquel se juxtapose peut-être un épisode continental surmonté en discordance plus ou moins accusée par :
- un épisode marin généralisé (transgression) s'achevant par des dépôts biodétritiques (régressions locales) ou d'évaporites, auquel succède en discordance nette ou progressive, dans un domaine restreint,
- un épisode détritique d'âge Miocène terminal et se poursuivant peut-être au-delà.

Localement, dans les dépressions très proches des actuelles, des dépôts encore plus récents s'installeront.

3. 2. Les séries allochtones.

L'analyse des séries des nappes a montré qu'elles étaient nées dans des patries ayant des caractères communs mais aussi des individualités propres à chaque instant de leur évolution. Ces faits confirment l'existence des nappes, déduite de l'étude des contacts.

L'analogie observée entre les séries locales de deux nappes voisines a permis de tenter des raccordements entre les différentes patries.

Les domaines des diverses nappes s'intègrent dans les grandes zones paléogéographiques dont l'allongement (en gros E W) coïncide avec celui de la chaîne (Ensemble malaguide, Ensemble alpujarride, Ensemble névado-filabride) mais dans le détail, une paléogéographie (avec des directions d'orientation voisine de NW-SE) a pu être mise en évidence : elle se traduit par des variations dans la nature et la puissance des dépôts surtout à partir du Trias carbonaté. Ainsi, dans la zone bétique étudiée, il existe des directions paléogéographiques obliques sur les limites tectoniques et des directions paléogéographiques qui coïncident avec le découpage tectonique général. Il est permis de penser que la première représente un héritage de directions paléozoïques ⁽¹⁾ et que la deuxième est déjà la traduction de nouvelles tendances. S'il y a une liaison entre découpage tectonique et paléogéographie à l'échelle de

(1) Au moment d'imprimer, je reçois la Thèse de E. FOURCADE. Il faut souligner que cet auteur (p. 395) fait appel à la même hypothèse pour expliquer certains traits de la paléogéographie mésozoïque aux confins des chaînes bétiques et ibériques.

la chaîne considérée dans son ensemble, la seule reconnaissance de cette dernière avant les tentatives de synthèse paléogéographique est insuffisante.

Dans les lambeaux malaguides, il semble qu'en raison de la nature des contacts et de l'importance des lacunes stratigraphiques, on puisse songer à l'existence d'une discordance entre le paléozoïque de la série des grauwackes et un Permien rouge, détritique. Dans les domaines alpujarride et névado-filabride, la présence d'une telle discordance ne peut pas être rejetée définitivement mais aucune preuve irréfutable de son existence n'a pu être trouvée.

Les séries basales des divers éléments tectoniques s'accumulent probablement toutes à partir du Permien et débutent par des dépôts détritiques de moins en moins grossiers en allant du domaine malaguide au domaine névado-filabride ; elles sont probablement marines et s'achèvent par des dépôts péli-tiques dans les domaines malaguides et alpujarrides et gréseux dont la nature et l'architecture évoquent le comblement d'un bassin à fleur d'eau, peut-être objet d'émersions locales.

Les ensembles carbonatés des cinq grands éléments tectoniques paraissent être le produit d'une inondation marine généralisée où les dépôts dolo-mitiques prennent très vite une extension considérable et durable. Pendant leur constitution, la subsidence générale est caractérisée par des différences de rapidité entraînant l'individualisation de zones à séries puissantes ou réduites, où ne s'accumulent pas les mêmes dépôts. Dans la nappe de Gador, des mouvements tectoniques locaux influent sur la nature, la répartition et l'évo-lution diagénétique des sédiments, et participent probablement à des remaniements locaux. Des roches éruptives basiques se mettent en place ensuite dans la zone à série puissante qui traverse la nappe de Gador en oblique. Si celles-ci apparaissent au Trias, il est à noter que dans la nappe de Gador elles se situent à l'intérieur d'une aire délimitée par les directions paléo-géographiques héritées.

Les séries carbonatées des différentes nappes sont attribuables au Trias et pendant cette époque, il est probable que les profondeurs d'eau du bassin n'ont jamais été très importantes en particulier à un moment de l'histoire où une partie des aires étudiées fixe d'importantes concentrations en éléments inhabituels (Si), ou d'intérêt économique (Pb, Cu, Zn, F, Ba, Fe, etc ...).

A la fin du Trias (peut-être) alors que la subsidence se poursuit dans les domaines malaguides et alpujarrides, le domaine névado-filabride semble émergé en grande partie (épisode continental entraînant la constitution des reliefs karstiques et des accumulations de fer, peut-être épisodiquement déjà remanié dans le bassin alpujarride).

Après le Trias, sans que l'on puisse situer exactement à quel moment dans le domaine étudié, plus aucun dépôt ne se met en place dans les aires alpujarrides s.l. et névado-filabrides tandis qu'une sédimentation réduite se poursuit dans le domaine malaguide (dolomies probablement liasiques des lambeaux malaguides).

4 — MAGMATISME .

4. 1. Activité postérieure à la mise en place des nappes.

Dans la région étudiée, le magmatisme post-orogénique ne se manifeste que par la présence de ses produits de démolition accumulés sous la forme du conglomérat de Vicar.

4. 2. Trace d'une activité magmatique triasique dans les séries allochtones.

L'aire à plus forte subsidence de la nappe de Gador renferme des intercalations de roches basiques au niveau de l'ensemble t₃, mises en place dans une zone d'instabilité ("franciscaine" et brèches associées). Peut-être pourrait-on reconnaître leurs cheminées dans les roches filoniennes du Calabrial.

Dans la région étudiée, la "Mischungszone" c'est-à-dire la partie permo-triasique des séries névado-filabrides de la Sierra Nevada, renferme probablement aussi des roches basiques triasiques, très altérées par le métamorphisme bétique.

5 — LE METAMORPHISME DANS LES SERIES ALLOCHTONES .

Les problèmes du métamorphisme n'ont pas fait l'objet d'une étude régionale approfondie. Toutefois, quelques particularités le concernant doivent être soulignées:

— le métamorphisme présente cette particularité d'affecter la totalité de l'Ensemble névado-filabride tandis qu'il n'affecte que le sommet et la base de la nappe de Gador et seulement la base de la nappe de Felix dans laquelle il épargne la partie supérieure de l'Ensemble t₁. Sans une étude horizontale

plus vaste et verticale de ces phénomènes, une explication solide à ces particularités n'a pas pu être proposée.

— les brèches tectoniques situées dans les contacts entre les nappes de Gador et de Felix renferment des éléments métamorphiques d'âge permo-triasique ainsi le métamorphisme pourrait paraître anté-tectonique tangentielle ;

— un métamorphisme est géométriquement lié au contact entre les nappes (t_2-3 de la nappe de Lujar et t_3 de la nappe de Gador) ; une partie des recristallisations peut être considérée comme contemporaine de la tectonique tangentielle.

Ces conclusions ne sont pas contradictoires et il semble que l'on puisse imaginer un métamorphisme qui se serait développé entre la fin du Trias et la fin de la mise en place des nappes seulement à certains niveaux privilégiés de l'édifice, ce qui permettrait d'expliquer les constatations précédentes.

6 — LES MINERALISATIONS.

La nature, la répartition et l'âge des minéralisations permettent de définir l'existence d'une province métallogénique bétique dont la filiation ne peut pas encore être précisée.

Aucun argument n'a été trouvé pour leur attribuer une origine endogène. Par contre, leur répartition et leur nature sont liées aux deux paléogéographies déjà mentionnées et confirment la validité des conclusions tirées de l'étude régionale à ce sujet.

Les concentrations métalliques de différents types ont été fixées dans la patrie des nappes à plusieurs époques préorogéniques (quatre) et chaque époque est caractérisée par une association de minéralisations stratoïdes particulière. Si ces associations semblent peu différenciées au Permo-Werfénien, par contre, elles le sont beaucoup plus au Trias où une ou deux substances au maximum domine dans chaque aire paléogéographique bétique (galène de la nappe de Gador, fer des névado-filabrides) tandis que la paléogéographie héritée (probablement des grandes lignes structurales paléozoïques) règle le détail des associations (zonalité observée dans la nappe de Gador) ; la nappe de Felix ne présente de concentrations intéressantes qu'à l'époque 1 tandis que les lambeaux malaguides locaux ne renferment pas de concentrations métalliques actuellement dignes d'intérêt.

L'époque métallogénique 4 ne se manifeste que dans la nappe de Gador.

Les minéralisations de l'époque 1 des nappes de Felix et de Gador ont été affectées par la tectonique et le métamorphisme à des degrés divers ; celles des époques 2 et 3 des mêmes nappes n'ont subi que des remaniements négligeables respectivement au cours de la tectonique tangentielle et au cours de la tectonique post-nappe en dehors de leur histoire triasique. Un des caractères de la province métallogénique bétique (zone interne de la chaîne) réside dans l'existence de vastes zones où les minéralisations sont très peu affectées par la tectogenèse.

A la tectonique cassante post-nappes, on pourrait associer une nouvelle époque métallogénique aux incidences très localisées remaniant des minéralisations préexistantes sans qu'il soit encore possible de préciser à partir de quel stock initial et de quelle manière dans l'unité tectonique la plus profonde (les Névado-Filabrides). Faudra-t-il parler un jour d'étage métallogénique comme on parle d'étage tectonique ?

A propos d' "époque métallogénique", il a été suggéré de n'employer ce terme, au moins dans les environnements sédimentaires, qu'au sens de "moment du maximum de fixation" des minerais, ce qui présenterait l'avantage de clarifier le langage.

7 — PALEOGEOGRAPHIE ET TECTONIQUE BETIQUE .

A la fin de l'étude régionale, deux possibilités d'organisation géographique primitive ont été discutées et il me semble que celle qui fait appel aux reconstructions dans l'hypothèse du "sous-charriage" est la plus cohérente.

Dans le cadre des séries attribuables à la nappe de Gador surtout, et à la nappe de Felix, l'utilité de l'examen de la nature et de la répartition des concentrations métalliques pour la reconstruction de l'aspect primitif du domaine interne a été démontrée. Il reste à recueillir une quantité plus grande et plus homogène d'observations réparties sur une aire plus vaste pour aboutir à un schéma dont la plus grande précision autorisera des conclusions plus sûres.

La géométrie des déformations postérieures à la mise en place des nappes, leur extension et leur amplitude variable permet d'imaginer que l'orientation de la marge continentale a subi des modifications après la véritable tectogenèse bétique.

° ° °

A la fin de cette mise au point, j'éprouve surtout le sentiment d'avoir été obligé de sauter d'un centre d'intérêt à l'autre et le regrette quelque peu. Ces regrets seront tempérés si le lecteur a le sentiment que pour aboutir à la compréhension de la géologie minière locale, il ne fallait négliger aucun des aspects de l'histoire régionale même s'il n'était possible que de les survoler.

J'ai dû parcourir des chemins variés et sans cesse concilier des échelles d'observation pour essayer de comprendre la géologie et la métallogénie de ce massif méconnu qu'était la Sierra de Gador. Si les résultats glanés au cours de ces cheminement peuvent servir un jour à ceux qui se sont donnés pour tâche de mieux comprendre les Cordillères bétiques ou de relancer l'activité minière d'une région en lutte pour trouver sa place dans le monde d'aujourd'hui, je n'aurai pas le sentiment d'avoir été inutile. Puisse aussi cet ouvrage servir à ceux qui viendront tenter d'en combler les nombreuses lacunes.

L'obligation qui m'a été faite de présenter ce mémoire au cours de sa rédaction et à quelques semaines de sa présentation ne m'a pas permis d'en améliorer seul les nombreuses imperfections de forme et je prie le lecteur de bien vouloir considérer celles-ci avec indulgence.

10 Septembre 1969—15 Mai 1970.

° ° °

REMERCIEMENTS

Une étude régionale, moins que toute autre, ne peut être une œuvre personnelle. Je suis l'obligé de ceux qui ont su éveiller mon goût pour la géologie, qui m'ont formé, qui m'ont aidé de maintes façons pendant la réalisation de ce travail. Les aides ont été nombreuses à tous les stades : sur le terrain, dans les différents laboratoires où j'ai vécu ; elles se sont manifestées sur le plan humain, scientifique, matériel.

Il m'aurait fallu de nombreuses pages pour exprimer la véritable reconnaissance que j'éprouve envers les uns et les autres et je ne me sentais pas le droit d'omettre le simple "coup de main" donné par un ami ou un camarade, l'exemple méthodologique fourni par un Maître dessinant sur son carnet de terrain lors d'une excursion, la simple discussion de quelques minutes autour d'une lame mince ou sur un affleurement... cette foule de détails qui font faire quelque fois de si grands pas en avant mais dont on ne mesure l'importance qu'après.

A la fin de cette mise au point, plutôt que d'être souvent trop bref, je citerai les noms des personnes à qui cet ouvrage doit quelque chose afin de pouvoir leur exprimer ensuite à chacun en particulier ce dont je leur suis reconnaissant.

Ont contribué à l'élaboration de ce mémoire, de différentes manières :

F. ALDAYA ; J. ALABERT ; J. AZEMA ; J. AUBOUIN ; P. AVIGNON ;

J. BALLAY ; J. P. BENZ ; A. BERNARD ; J. BILLARD ; Y. BODEUR ;
J. BOITE ; J. BOULIN ; R. BOURROUILH ; F. BROCHARD ; R. BROSSÉ ;
J. BULLE ;

P. CAVET ; M. CHAIGNEAU ; M. CHAUVE ; A. COSSARD ; L. COUREL ;

R. Derval ; R. Dorlet ; J.M. DUNOYER DE SEGONZAC ;
B. DURAND ; M. DURAND-DELGA ;

F. FENESTRE ; F. FOGLIERINI ; J.M. FONTBOTE ; F.H. FORESTIER ;
A. FOUCAULT ; Y. FUCHS ;

Cl. GAGNY ; G. GAILLARD ; J.J. GUILLOU ;

J.J. HALLEMANS ; Melle HEUZE ; F. HIRSCH ; B. HOUGRON ;
M. HUBERT ; A. HUBERT ;

Mme JACQUOT ;

Ph. LAGNY ; H. LARDEUX ; B. LASNIER ; G. LEAL-ECHEVARRIA ;
J. LOPES ; J. LUCAS ; F. LUXAN ;

L. MAC LELLAN de GODOY ; J. MAGNE ; R. MAILLOT ;
J.P. MARGEREL ; A. MAUVIER ; G. MILLOT ; S.S. MINN ;

A. NICOLAS ;

M. OROZCO ; F. OTTMANN ;

M. PAILLET ; R. PAULIAN ; R. PEREZ ; E. PEREZ-MANZUCO ;
E. PIREZ-PEREZ ; C.B. PITRE ;

A. REDOR ; Mme ROLLET ; M. ROLLET ; Mme ROCHER ;

B. SCHWARTZ ; G. SERVAJEAN ; O.J. SIMON ; P. SOLETY ;

N. THEOBALD ; J. THIEBAUT ; J.C. TOURAY ; Cl. TRUCHE ;
R. TRUMPY ;

D. WENTZLAU ; M. WEPPE ; Melle L. WESSELING.

L'impression de ce mémoire, de la carte et des planches hors-texte qui l'accompagnent a été réalisée dans la limite des subventions qui m'ont été accordées par le C.N.R.S. et la Faculté des Sciences de NANTES et l'aide de la S.M.M. de PEÑARROYA. Son élaboration au cours des sept années écoulées a été conduite avec l'aide matérielle et scientifique que m'ont accordée les Laboratoires et Organismes suivants :

1962 — 1965 Laboratoire des Sciences de la Terre (Directeur M. WEPPE)
 de l'E.N.S.M.I.M. (Directeur B. SCHWARTZ) — NANCY.

1965 — 1967 Laboratoire de Géologie (Directeur Cl. GAGNY)
 Centre d'Enseignement Supérieur de BRAZZAVILLE (Directeur R. PAULIAN).

- 1967 - 1968 Collège Scientifique Universitaire d'ANGERS (Directeur J.M. DUNOYER de SEGONZAC).
- 1968 - 1970 Laboratoire de Géologie et Minéralogie (Directeur F. H. FORESTIER - Faculté des Sciences de NANTES).
- 1962 - 1970 Laboratoire de Métallogénie (Directeur A. BERNARD), de l'E.N.S.G. de NANCY.
- 1969 Centre de Recherches Radiogéologiques (Directeur Adj. R. COPPENS) du C.R.P.G. de NANCY.
- 1965 - 1970 Laboratoire de Géologie structurale " Paul FALLOT " (Faculté des Sciences de PARIS) et E.R.A. "Méditerranée occidentale" (Directeur M. DURAND DELGA).

Sur le terrain, les nombreuses missions ont pu être effectuées grâce à l'aide matérielle (dans l'ordre chronologique) de la S.M.M. de PENARROYA puis du C.N.R.S. et du C.E.S. de BRAZZAVILLE.

Des facilités m'ont été accordées par les Sociétés COTO-LAISQUEZ, S.L., MINERSA et MINAS de SIERRA ALMAGRERA pour la réalisation des études locales.



BIBLIOGRAPHIE

- AHMAD F. (1969).— Orogeny, geosyncline and continental drift. *Tectonophysics*. Vol. 5, n° 3, p. 177 — 189.
- ALDAYA F. (1967).— Nuevas observaciones en las calizas triasicas de la ventana tectonica de Albuñol (Zona betica, Provincia de Granada). *Not. Com. Inst. geol. y min. España*, n° 101-102, p. 101-106.
- (1968).— Sobre la posicion de Sierra de Lujar (Provincia de Granada). *Acta Geol. Hisp.*, T. III, n° 4, p. 87-92.
 - (1969 a).— Sobre el sentido de los corrimientos de los Mantos alpujarrides al sur de Sierra Nevada (Zona betica, Provincia de Granada). *Bol. Geol. y Min.*, T. LXXX, fasc. III, p. 212-217.
 - (1969 b).— Los Mantos alpujarrides al sur de Sierra Nevada. *Thèse Grenade*. 527 p., planches et cartes en annexe.
 - (1969 c).— Los Mantos alpujarrides al sur de Sierra Nevada (Zona Betica, Provincia de Granada). *Acta Geol. Hisp.* (à paraître).
- de ALVARRO y de la PEÑA (1832).— El reino mineral, o sea la mineralogia en general y en particular de España. Imp. de Villamil Edit. Madrid, p. 167.
- AMES L.L. (1961).— The metasomatic replacement of Limestones by Altralin fluoride bearing solution. *Econ. Geol.*, Vol. 56, p. 730-739.
- AMPFERER O. (1906).— Ueber das Bewegungsbild von Faltengebirgen. *Jahrb. Geol. Bundesanst. Austria*, Bd. 56, p. 539-622. Vienne.
- (1939).— Grundlagen und Aussagen der geologischen Unterströmungslehre. *Natur und Volk*, Bd. 69, p. 337-349. Francfort sur le Main.
- AMSTUTZ G.C. (1962).— L'origine des gîtes minéraux concordants dans les roches sédimentaires. *Chron. Min. et Rech. Min.* n° 308, p. 115-125.
- AMSTUTZ G.C. et BUBENICEK L. (1967).— Diagenesis in sedimentary mineral deposits. *Devt. in Sedimentology*, vol. 8, p. 417-475.
- AMSTUTZ G.C. et PARK W.C. (1967).— Stylolites of diagenetic age and their role in the interpretation of the southern Illinois fluorspar deposits. *Mineralium Deposita*, vol. 2, n° 1, p. 44-53.
- ANSTED D.T. (1857).— On the geology of Malaga and the south-eastern part of Andalucia. *Quart. Journ.*, T. XV, p. 585-604.
- ARGALL G.O. (1967).— Peñarroya strips Spanish mountain top for new Pb. Zn. Ag. open pit mine. *World Mining*, Juillet 1967, p. 36-43.
- ATAMAN G. (1964).— Oligo-éléments dans les argiles, *Rev. I.E.P.* XIX, n° 9, p. 958-959.
- AUBOUIN J. (1965).— Réflexion sur le problème du raccourcissement en tectonique. *Bull. Serv. Inf. Geol. B.R.G.M.*, n° 68, 19 p.

- AVIAS J. (1949).— Note préliminaire sur quelques phénomènes actuels ou subactuels de pétrogenèse et autres dans les marais côtiers de Moindon et Canala (Nouvelle-Calédonie). C.R. somm. S.G.F., p. 277—280.
- (1959).— Les récifs coraliens de la Nouvelle Calédonie et quelques uns de leurs problèmes. B.S.G.F., T. I, n° 4, p. 424—430.
- AZEMA J. (1961).— Etude géologique des abords de Malaga (Espagne). Est. Geol. Vol. XVII, p. 131—160, Inst. "Lucas Mallada". C.S.I.C. (España) p. 131—160.
- AZEMA J., BODENHAUSEN J.W.A., FERNEX F. et SIMON O.J. (1965).— Remarques sur la structure de la Sierra de Carrascoy (Province de Murcie, Espagne). C.R. somm. S.G.F., fasc. 2, p. 51—53.
- BANTING A.H. (1933).— Sur le pli-nappe de Lujar-Gador (Cordillères bétiques). Proc. Kon. Ned. Akad. u. Wetensch., Vol XXXVI, n° 1, p. 98—106.
- BARON G. (1960).— Sur la synthèse de la dolomite ; application au phénomène de dolomitisation. Rev. Inst. Fr. Pétrole., Vol. XV, n° 1, p. 3—68.
- BARROQUERE G., DERAMOND J., MAJESTE-MENJOULAS Cl., SOULA J. Cl. (1969).— Interprétation microtectonique de la structure "griotte". C.R. Ac. Sc., t. 269, série D, p. 431—433.
- BASTIN E.S. (1931).— The fluorspar deposits of Hardin and Pope Counties, Illinois. Illinois Geol. Survey Bull., Vol. 58, p. 45—65.
- (1950).— Interpretation of ore textures. Geol. Soc. Amer., Mem., 45.
- BAXTER J.W. (1963).— Experimental replacement of oolitic Limestone by fluorite. Trans. Illinois State Acad. Sc., Vol. 56 (2), p. 53—58.
- BEMMELEN R.W. van (1927).— Bijdrage tot de geologie der Betische Ketens in de provincie Granada. Thèse Delft. 176 p.
- (1969 a).— The alpine loop of the thetys zone. Tectonophysics., vol.8 (2), p. 107—113.
- (1969 b).— Origin of the Mediterranean sea. Verandelingen Kon. Ned. Geol. Mijnbouw. Gen., Vol. XXVI, p. 13—50.
- BERNARD A. (1961).— Contribution à l'étude de la province métallifère sous-cévenole. Sciences de la Terra, T. VII (1959—1960), n°s 3—4, p. 123—403, 74 fig. 8 pl. h.t.
- (1964).— A propos du rôle métallogénique de la précipitation et de l'absorption sédimentaires. Devt. in Sedimentology., Vol. 2, p. 19—27.
- BERNARD A. et FOGLIERINI F. (1967).— Etude méthodologique sur la genèse des gisements stratiformes du plomb-zinc en environnement carbonaté. Econ. Geol., 3, p. 267—277.
- BERNARD A. et SAMAMA J.C. (1968).— Première contribution à l'étude sédimentologique du Trias ardéchois. (Rapport scientifique de l'action concertée 63 FR 073). Délégation générale de la recherche scientifique et technique, 105 p.
- BETEKHTIN A.G. (1954).— Discussion sur le problème de l'origine sédimentaire de certains gîtes de plomb et de zinc. Bull. Acad. Sc. U.R.S.S. (Izvestia), Moscou, Série Géol. n° 2, p. 81—92 et Serv. Carte géol. Algérie, Alger, 1957, doc. n° 7, Trad. KOVENKO, 17 p.
- BICKER R.E. (1966).— Geological investigations in the region west of Antas and Cuevas del Almanzora, South eastern Spain. Thèse. Amsterdam, 124 p., 1 carte h.t.
- BLUMENTHAL M. (1927).— Zum Bauplan betischer und penibetischer Decken im Norden der Provinz Malaga. Geol. Rdsch. Stsch., Bd XVIII, p. 37—45.
- (1927).— Versuch einer tektonischen gliederung der betischen Cordilleren von Central und Sudwest Andalusien. Ecl. Geol. Helv., vol. XX, p. 487—532.
- BODENHAUSEN J.W.A., FONTBOTE J.M. et SIMON O.J. (1967).— Sur la présence d'éléments du Bétique de Malaga au Sud de Sierra Nevada, près de Cherin (Espagne méridionale). Geol. Mijn. n° 11, 46e A, p. 397—399.
- BOOGAARD van den M. (1966).— Post-carboniferous Conodontes from south-eastern Spain. Kon. Ned. Akad. van Wet., série B, 69, n° 5, p. 1—8.

- BORCHERT H et MUIR R.O. (1964).—Salt Deposits. The origin, Metamorphism and deformation of Evaporites. D. van Nostrand Company. Ed. Londres.
- BOTELLA F. de (1882).—Reseña física y geologica de la region S.O. de la provincia de Almeria. Bol. Com. Map. Geol. España., T. IX, p. 227—318.
- BOULIN J. (1964).—Problèmes structuraux dans le domaine alpujarride au Sud-Ouest de la Sierra Nevada. Geol. Mij., p. 277—281.
- (1966).—Séries inverses et style pennique dans les Cordillères bétiques internes au Sud-Ouest de la Sierra Nevada (Espagne). C.R. Ac. Sc., T. 263, p. 708—711.
- (1968).—Etudes géologiques dans les zones internes des Cordillères bétiques de Malaga à Motril (Espagne méridionale). Thèse. Paris. 2 Tomes, 487 p.
- BOULIN J., DIMPAULT DARCY P. et LEROY H. (1966).—Observations géologiques en Sierra de Lujar (Cordillères bétiques internes, Espagne). B.S.G.F., 7e série, T. VIII, p. 585—591.
- BRINKMANN R. et GALLWITZ H. (1933).—Der betische Ausserand in Süd-Ostspanien. Abh. Ges. Wiss. Göttingen, math-phys. Kl., 3, Heft 8, p. 1—95.
- BROUWER H.A. (1926).—Zur geologie der Sierra Nevada. Geol. Rdsch., Bd. XVII, p. 118—137.
- (1926).—Zur tectonik der betischen Kordilleren. Geol. Rdsch. Dtsch., p. 332—336.
- CADEK J. et MALKOVSKY M. (1963 a).—Contribution to the problem of transport of fluorine at low temperatures. Symp. Probl. Postmagmatic ore deposition, Prague.
- (1963 b).—Some problems of metal transport and of the deposition of ore component, at low temperature in the region of Teplice in Northern Bohemia. Symp. Probl. Postmagmatic ore deposition, Prague, p. 384—390.
- CAREY S.W. (1958).—A tectonic approach to continental drift. In Continental drift, a symposium. Hobart, Univ. of Tasmania., p. 177—355.
- CAROZZI A. (1953).—Petrographie des roches sédimentaires. Ed. du Griffon. Neuchâtel. 250 p.
- COELLO J. et CASTAÑON A. (1965).—Las sucesiones volcanicas de la zona de Carboneras (Almeria). Est. Geol., vol. XXI, p. 145—166, Inst. Lucas Mallada, C.S.I.C. España.
- COULOMB J. (1969).—L'expansion des fonds océaniques et la dérive des continents. P.U.F. Ed., Paris, 224 p.
- DEFREYS K.S., LUCIA F.J. et WEYL P.K. (1965).—Dolomitization of Recent and Plio-Pleistocene sediments by marine evaporite waters on Bonaire, Netherlands Antilles. Dolomitization and limestone diagenesis a symposium. Soc. Econ. Pal. and Min., Spec. Pub., n° 13, p. 71—88.
- DEMAY M. (1924).—Observations géologiques, métallogéniques et économiques sur le district minier de Carthagène. Annales des Mines, 12e série, t. V, livre 3, p. 137—193.
- DIDON J. (1969).—Etude géologique du Campo de Gibraltar (Espagne méridionale). Thèse. Paris, 539 p., 124 fig., 3 pl.
- DIMPAULT DARCY P., JUTEAU Th. et LEROY H. (1968).—Sur la présence de roches vertes interstratifiées dans la Sierra de Lujar (Cordillères bétiques internes, Espagne). Etude pétrographique et chimique. B.S.G.F., T. X, n° 1, p. 43—48.
- DOLLFUS G.F. (1928).—Faunule de la Molasse miocène d'Ugijar (Almeria). C.R. somm. S.G.F., p. 173—174.
- DUPLAIX S. et FALLOT P. (1960 a).—Sur la constitution et la signification de la roche appelée "Konglomeratistische Mergel" dans la zone bétique. (Andalousie, Espagne). C.R. Ac. Sc., T. 250, p. 1403—1408.
- (1960 b).—Les "Konglomeratistische Mergel" des Cordillères bétiques. B.S.G.F., 7 séries, T. II, p. 308—317.
- DUPUY de LOME E. (1958).—Alumbramientos de aguas en Berja (Almeria). Not. Com. Inst. Geol. y Min. España, n° 52, p. 91—106.

- DRAKE C.L. et KOSMINSKAYA I.P. (1969).— The transition from continental to oceanic crust. *Tectonophysics.*, vol. 7, n° 5-6, p. 363-364.
- DURAND DELGA M. (1963).— Essai sur la structure des domaines émergés autour de la Méditerranée occidentale. *Geol. Rundsch.* 53, 2, p. 534-535.
- (1966).— Titres et travaux scientifiques. Imprimerie Priester. Paris, 43 p.
- (1967).— Structure and geology of the northeast Atlas mountains. "Guide Book to the geology and history of Tunisia". *Petr. Explor. Soc. Lybia.*, 9th Annual Field Conf., p. 59-83.
- (1968).— Coup d'œil sur les unités malaguides des Cordillères bétiques (Espagne). *C.R. Ac. Sc.*, Paris, série D, T. 226, p. 190-193.
- DURAND DELGA M., ESCALIER des ORRES P. et FERNEX F. (1962).— Sur la présence de Jurassique et d'Oligocène à l'Ouest de Carthagène. (Espagne méridionale). *C.R. Ac. Sc.*, Paris, p. 1755-1757.
- DURAND DELGA M. et FONTBOTE J.M. (1960).— Le problème de l'âge des nappes alpujarrides d'Andalousie. *Rev. Geogr. phys. Geol. dyn.*, vol. III, (2), fasc. 4, p. 181-187.
- DURAND DELGA M. et FOUCAULT A. (1967).— La Dorsale bétique, nouvel élément paléogéographique et structural des Cordillères bétiques au bord Sud de la Sierra Araña (Prov. de Grenade, Espagne). *Bull. Soc. Geol. France*, (7), T. IX, p. 723-728.
- (1968).— Un élément de la Dorsale bétique : le Jabalcon (prov. de Grenade, Espagne). *B.S.G.F.*, T. X, n° 1, p. 65-74.
- DURAND DELGA M. et MAGNE J. (1958).— Notes sur certaines formations tertiaires situées entre Almeria et la Sierra de Carthagène (Espagne méridionale). *Not. Com. Inst. Geol. y Min. España*, n° 51, p. 131-144.
- (1961).— Présence d'Oligocène supérieur sous le front des nappes alpujarrides au N.E. de Grenade (Andalousie). *C.R. Ac. Sc.*, T. 252, p. 559-561.
- EDWARDS A.B. (1954).— Textures of the ore minerals and their significance. *Australian Institute of Mining and Metallurgy*, Melbourne, 242 p., 204 fig.
- EGELER C.G. (1963).— On the tectonics of eastern betic cordilleras (SE Spain). *Geol. Rundsch.*, Bd. 53-1, p. 260-269.
- EGELER C.G. et SIMON O.J. (1969 a).— Sur la tectonique de la zone bétique (Cordillères bétiques, Espagne). Etude basée sur les recherches dans le secteur compris entre Almeria et Velez-Rubio. *Verh. Kon. Ned. Akad. u. Wetensch.*, Afd. Natuurk., eerste reeks, deel XXV, n° 3, 90 p.
- (1969 b).— Orogenic evolution of the betic zone (Betic Cordilleras, Spain) with emphasis on the nappe structures. *Geol. Mij.*, vol. 43, p. 296-305.
- EMBERGER A et PANETIER J.M. (1959).— Aspects de la recherche du plomb et du zinc dans la dorsale calcaire du Rif (Maroc septentrional). *Mines et Geol. Rabat*, n° 3, p. 25-30.
- EHRART H. (1955).— "Biostasie" et "Rhexistasie". Esquisse d'une théorie sur le rôle de la pédogenèse en tant que phénomène géologique. *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 241, p. 1218-1220.
- (1967).— La genèse des sols en tant que phénomène géologique. Ed. Masson et Cie — Paris. 177 p.
- FABRE J. et FEYS R. (1966).— Les séries bariolées du massif de Rochachille. Leurs rapports avec le "Verrucano" de Briançon et les "Permien" de Maurienne et de Tarentaise. *Atti del Symposium sul Verrucano*. Pisa 1965, p. 143-169.
- FALLOT P. (1948).— Les Cordillères bétiques. *Estudios Geologicos*. Barcelona, n° 8, p. 83-172.
- (1954).— Comparaison entre Cordillères bétiques et Alpes orientales. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, Tomo extraordinario, 80 Anniv. Prof. Hernandez Pacheco, p. 259-279.
- FALLOT P., FAURE-MURET A., FONTBOTE J.M. et SOLE-SABARIS L. (1961).— Estudios sobre las series de Sierra Nevada y de la Llamada Mischungszone. *Bol. Inst. Geol. y Min. España*, 71, p. 347-557.
- FALLOT P., SOLE-SABARIS L. et LEMOINE M. (1954).— Observations sur le Trias bétique et ses calcaires. *Mem. Com. Inst. Geol. Prov. Barcelona*, T. XI, p. 23-60.

- FERNEX F. (1962).—Remarques sur la tectonique du Bétique de Malaga oriental de Lorca—Velez Rubio (Espagne méridionale). Arch. Sc., Genève, vol. 15, fasc. 2 p.
 — (1962).—Remarques sur la tectonique du Bétique de Malaga oriental de Lorca—Velez Rubio (Espagne méridionale). Arch. Sc., Genève, vol. 15, fasc. 2, p. 363—373.
 — (1964).—Remarque sur les roches éruptives basiques du Bétique oriental de la Sierra de las Estancias. C.R. Ac. Sc. Paris, T. 258, p. 5 482—5 485.
 — (1964).—Sur les styles tectoniques des nappes bétiques orientales (Espagne méridionale). C.R. Ac. Sc., T. 259, p. 5 918—5 921.
 — (1968).—Tectonique et paléogéographie du Bétique et du Pénibétique orientaux. Transversale de la Paca—Lorca—Aguilas (Cordillères bétiques, Espagne méridionale). Thèse. Paris, 983 p., 1 carte h. t.
- FERNEX F., LORENZ C. et MAGNE J. (1965).—A propos de l'âge de la mise en place des nappes bétiques. C.R. Ac. Sc., T. 260, p. 983—936.
- FERNEX F. et MAGNE J. (1969).—Essai sur la paléogéographie des Cordillères bétiques orientales (Espagne méridionale) Bol. Inst. Geol. y Min. España, T. LXXX, fasc. III, p. 203—211.
- FIRCKS F. (1906).—Über einige Erzlagerstätten der Provinz Almería in Spanien. Zeitschr. prakt. Geol., Jahrg. XIV, p. 142—150.
- FONTBOTE J.M. (1957).—Tectoniques superposées dans la Sierra Nevada (Cordillères bétiques, Espagne) C.R. Ac. Sc., T. 245, p. 1 324—1 326.
- FOURCADE E. (1970).—Le Jurassique et le Crétacé aux confins des Chaînes bétiques et ibériques (SE de l'Espagne). Thèse, Paris, 396 p.
- FUCHS Y. (1964).—Contribution à l'étude géologique et métallogénique de la couverture sédimentaire du dôme de Vimenet (Aveyron). Sc. de la Terre, T. IX, n° 3, p. 235—291.
- FUSTER J.M., AGUILAR J. et GARCIA A. (1965).—Las sucesiones volcanicas en la zona del Pozo de Los Frailes dentro del vulcanismo cenozoico del Cabo de Gata (Almería). Est. Geol., vol. XXI, p. 199—222. Inst. "Lucas Mallada" C.S.I.C., España.
- FUSTER J.M., IBARROLA M. et MARTIN J. (1967).—Las andesitas piroxenicas de la Mesa de Roldan (Almería, SE España). Est. Geol., vol. XXIII, p. 1—13, Inst. "Lucas Mallada", C.S.I.C., España.
- FRIEDMANN G.M. et SANDERS J.E. (1967).—Origin and occurrence of dolostones in Carbonate Rocks, Develop. in sedimentology, 9 A, Elsevier Ed., p. 267—348.
- GEIS H.P. (1960).—Frühorogene sulfidlagerstätten, Geol. Rdsch, 50, p. 46—52.
- GIERMANN G., PFANNENSTIEL M. et WIMMENAUER W. (1968).—Relations entre morphologie, tectonique et volcanisme en mer d'Alboran (Méditerranée occidentale). Résultats préliminaires de la campagne J. CHARCOT (1967). C.R. somm. S.G.F., fasc. 4, p. 116—118.
- GIGNOUX M. et FALLOT P. (1926).—Contribution à la connaissance des terrains néogènes et quaternaires marins sur les côtes méditerranéennes d'Espagne. XIV^e Congrès Geol. Intern., Madrid, II, 521 p.
- GIGNOUX M. et AVNIMELECH M. (1937).—Genèse de roches sédimentaires par intrusion et éclatement. Bull. Soc. Géol. France 5 s., 8, p. 27—33.
- GLANGEAUD L. (1951).—Interprétation tectonophysique de la Méditerranée occidentale. B.S.G.F., T. 1, p. 735—762.
 — (1957).—Essai de classification géodynamique des chaînes et des phénomènes orogéniques. Rev. Géogr. phys. Geol. dyn. (2), 1, 4, p. 201—220.
- GLANGEAUD L., ALINAT J., AGARATE C., LEENHARDT O. et PAUTOT G. (1967).—Les phénomènes ponto-plio-quaternaires dans la Méditerranée occidentale d'après les données de Geomède 1. C.R. Ac. Sc., T. 264, p. 208—211.
- GLINTZBOECKEL Ch. et RABATE J. (1964).—Microfaune et microfaciès du Permocarbonifère du Sud-Tunisien. International Sedimentary petrographical séries, vol. VII, 36 p., 108 pl. h. t.

- GODOY RAMIREZ J. (1917).—Bosquejo Geologico historico de la actual Provincia de Almeria. Imprenta Sempere Almeria. 120 p., 6 fig.
- GONZALEZ DONOSO J.M. (1968).—Conclusiones estratigraficas y paleogeograficas sobre los terrenos miocenicicos de la depresion de Granada. Act. Geol. Hisp., T.III, n° 3, p. 57—63.
- GONZALEZ DONOSO J.M. et VERA J.A. (1965).—Estudio geologico de una parte de las laderas norteoccidentales de Sierra Nevada (Granada). Not. Com. Inst. Geol. y Min. España, n° 78, p. 93—124.
- (1968).—Sur la présence de terrains post-tectoniques anté-burdigaliens au bord Sud-Ouest du bassin de Guadix (Cordillères bétiques, Espagne). C.R. Ac. Sc., T. 266, série D, p. 49—51.
- GONZALO y TARIN J. (1882).—Edad geologica de las calizas metaliferas de la Sierra de Gador en la Provincia de Almeria. Bol. Com. Mapa. Geol. España, Tomo IX, p. 104.
- GOOSSENS P. et AUTENBOER T. Van (1964).—Minéralisations et fluorine zébrée dans la Sierra de Baza (Andalousie, Espagne). Bull. Soc. Belge de Geol. Pal. et d'Hydrol., T. LXXIII, p. 511—517.
- GRAYSON S.F. (1956).—The conversion of calcite to fluorite. Micropaleontology. Vol. 2, n° 1, p. 71—78.
- GROGAN R.M. (1949).—Structures due to volume shrinkage in the bedding replacement fluorspar deposits of southern Illinois. Econ. Geol., vol. 44, p. 607—616.
- GUARDIOLA R. et SIERRA A. de (1925—1928).—Criaderos de hierro de España. T.V. Hierros de Almeria y Granada. N° 1 (1925), Generalidades p. 1—344 ; N° 2 (1926), Descripción geologica y estudio de los yacimientos p. 7—429 ; N° 3 (1928), Descripción geologica y estudio de los yacimientos (continuacion) p. 5—632.
- HAST N. (1969).—The state of stress in the upper part of the earth's crust. Tectonophysics, vol. 8, n° 3, p. 169—211.
- HETZEL W.H. (1923).—Bijdrage tot de geologie van de Sierra Alhamilla (Provincie Almeria). Thèse. Delft ; 104 p.
- HIRSCH F. (1966).—Contribucion al conocimiento de las Myophorias del Triasico de la Sierra Alhamilla. Est. Geol., vol. XXII, p. 181—184. Inst. "Lucas Mallada", C.S.I.C., España.
- HOUAREAU C. (1967).—Mise en évidence du sédiment bioclastique (original) ayant subi une dolomitisation. Bull. Centre de Rech. Pau—S.N.P.A., vol. 1, n° 1, p. 239—243.
- ILLING L.V., WELLS A.J. et TAYLOR J.C.M. (1965).—Penecontemporary dolomite in the persian gulf. Soc. of Ec. Pal. and Min., Spec. Pub. n° 13, p. 89—111.
- JACQUIN J.P. (1965).—Présence et situation de microfaune dans le Trias alpujarride de la Sierra de Gador (Province d'Almeria, Espagne). C.R. somm. S.G.F., fasc.8, p. 265.
- (1966).—La "franciscaine", un problème de pétrogenèse dans les dolomies du Trias alpujarride de la Sierra de Gador (Almeria, Espagne). Annales Centre Enseignement Sup. Brazzaville, T.II, p. 79—90.
- (1968 a).—Répartition géographique et lithostratigraphique des minéralisations de la Sierra de Gador (Almeria, Espagne). Chron. Mines et Rech. Min., n° 376, p. 230—243.
- (1968 b).—Données nouvelles sur la géologie de la Sierra de Gador. Bull. Féd. Soc. Hist. Nat. de Franche—Comté. T. LXX, Nlle série, n° 4.
- JUNG J. (1958).—Précis de Pétrographie. Masson et Cie Edit. Paris.
- KHAIN V.E. (1962).—Le fondement tectonique de la répartition des provinces métallogéniques dans les régions plissées. Geol. Mestor. Moscou. Vol. 4, n°4, p.7—28 et Chr. Min. et Rech. Min. n°325, p. 406.
- KONSTANTINOV M.M. (1954).—Problèmes immédiats concernant l'étude de la genèse des gîtes de plomb et de zinc. Bull. Acad. Sc. U.R.S.S. (Izvestia). Moscou, série géol. n° 2 et Serv. Carte géol. Algérie, Alger, 1957, doc. n° 6, Trad. KOVENKO, 23 p.

- KRAUS E. (1958).—Fünfzig Jahre Unterströmungs theorie. Geol. Bd. 7, p. 237 — 283, Berlin
- LAFFITTE P., PERMINGEAT F. et ROUTHIER P. (1965).—Cartographie métallogénique, métallotecte et géochimie régionale, Bull. Soc. Fr. Min. et Crist., LXXXVIII, p. 3 — 6.
- LAGNY P. (1965).—La position stratigraphique des minéralisations à fluorine, blende, galène dans le Ladinien du haut Val d'Aupa (Alpes carniques orientales, Italie). C.R. somm. S.G.F., fasc. 8, p. 79 — 80.
- LAUNAY L. de (1913).—Gîtes minéraux et métallifères. 3 vol. Béranger, Paris.
- LAUNAY Ph. et LEENHARDT R. (1959).—Les brèches zincifères sédimentaires du Sinémurien du Lot. Bull. Soc. Géol. France, 1, (5), p. 467 — 484.
- LEINE L. (1968).—Rauhwackes in the betic Cordilleras, Spain. Nomenclature, description and genesis of weathered carbonate breccias of tectonic origin. Thèse. Amsterdam, 112 p.
- LEINE L. et EGELER C.G. (1962).—Preliminary note on the origin of the so called "Konglomerat-tische Mergel" and associated "Rauhwackes", in the region of Menas de Seron. Sierra de Los Filabres (SE Spain). Geol. Mijn., n°7, p. 305 — 314.
- LEON C. (1967).—Las formaciones volcanicas del Cerro de Los Lobos (Almeria, SE España). Est. Geol., vol. XXIII, p. 15—28. Inst. "Lucas Mallada", C.S.I.C., España.
- LE PLAY M.F. (1834).—Itinéraire d'un voyage en Espagne précédé d'un aperçu sur l'état actuel et sur l'avenir de l'industrie minérale de ce pays. Annales des Mines, T.V. p. 175 — 236.
- LEROY H. (1967).—Le gisement de plomb de Sierra de Lujar (Espagne). Thèse. Limoges, Poitiers, p. 1 — 189.
- LIENHARDT G. (1963).—Cause et genèse des colorations rouges et vertes du Saxonien et du Trias de la région de Lons-le-Saunier (Jura). Colloque sur le Trias de la France et des régions limitrophes. Mém. B.R.G.M. n° 15, p. 605 — 614.
- LLOPIS LLADO N. (1954).—Types de chaînes alpidiques du littoral franco-espagnol et leurs rapports avec les Alpes françaises. C.R. XIV^e Congr. géol. intern. Alger, section 13, fasc. 14, p. 261 — 279.
- (1955).—Observaciones geologicas y morfologicas en el N de Almeria. Arch. Inst. Aclim., vol. 4, p. 7—55.
- LOMBARD A. (1956).—Géologie sédimentaire. Les séries marines. Masson éd., 722 p.
- LUCAS J. (1963).—Sédimentologie. Rapport. Discussion. Colloque sur le Trias de la France et des régions limitrophes. Mém. B.R.G.M., n° 15, p. 581 — 593.
- MACARD P. (1965).—Les déformations non tectoniques des roches sédimentaires. Rev. Univ. des Mines, n° 4, p. 141 — 150.
- MAC GILLAVRY H.J., GEEL T., ROEPT T. et SOEDICNO H. (1964).—Further notes on the geology of the Betic of Malaga, the Subbetic, and the zone between these two units, in the region of Velez Rubio. Geol Rundsch. Bd. LIII, p. 233 — 256.
- MAILLOT R. (1970).—Contribution à l'étude géologique du gisement de fer du Marquesado (Espagne) (à paraître dans Mineralium Deposita).
- MARIN A. (1928).—Las minas de calafatita de Benehadux (Almeria). Bol. Inst. Geol. de España, T. XXXII, p. 223—241, 1 carte h. t.
- MAURICE J. (1928).—Le terrain miocène au Sud de la Sierra Nevada. C.R. somm. S.G.F., p. 172.
- MELLENDEZ B., AGUIRRE P. de, et BAUTISTA C. (1964).—El Mioceno del Cabo de Gata (Provincia de Almeria, España). Comité on mediterranean neogen stratigraphy. Proceeding of the third session in Berne, p. 267 — 269.
- MENARD H.W. (1967).—Transitional types of crust under small ocean basins. Journ. Geoph. Res. 72, 15, p. 3061—3073.
- MEYERHOFF A.A. (1970).—Continental drift : implications of paléomagnetic studies, meteorology, physical oceanography and climatology. Journal of Geology, vol. 78, n° 1, p. 1—51.

- MICHARD A. (1969).—Les dolomies. Une revue. Bull. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine, 22, 1, p. 3-92.
- MICHARD A. et ALLEGRE C.J. (1969).—Comportement géochimique des éléments métalliques en milieu réducteur et diagrammes (Log S, pH) Min. Deposita, 4, p. 1-17.
- MICHARD A. et VIALON P. (1966).—Permo-Trias, Permien s.l. et Permo-Carbonifère des Alpes cottiennes internes : les faciès "Verrucano" et les séries volcano-détritiques du Massif Dora-Maïra. Atti del Symposium sul Verrucano. Pisa 1965, p. 116-135.
- MILLIARD Y. (1959).—Minéralisations en plomb, zinc et cuivre de la zone paléozoïque du Rif. Mines et Géologie, n° 8, p. 17-23, Rabat.
- MILLOT G. (1964).—Géologie des argiles, Masson Ed.
- MIROUSE R. (1966).—Recherches géologiques dans la partie occidentale de la zone primaire axiale des Pyrénées. Mém. Serv. Carte géol. de la France, 451 p.
- MORIN Ph. (1959).—Les gîtes d'antimoine du Rif septentrional : un aperçu sommaire. Mines et Géologie, n° 8, p. 39-41, Rabat.
- NALIVKIN D.V. (1956).—Etude des faciès. Conditions géographiques de la formation des sédiments. Traduction. B.R.G.M. n° 2942. STREKOVITCH Trad.
- NAVARRO ALVARGONZALEZ D.A. (1967).—Mapa geologico de la Provincia de Almeria (1/200 000^e). Inst. Geol. y Min. España.
- NICOLINI P. (1959).—Le synclinal de la Nyanga (zone de la boucle du Niari). Contribution à l'étude des minéralisations stratiformes du Moyen-Congo. Bull. de la Dir. des Mines et de la Géol. (Afrique équatoriale), p. 9-178.
- (1961).—Conclusion d'observations sur la localisation des minéralisations cuprifères stratiformes dans les séries sédimentaires. C.R. Ac. Sc., 255, p. 1717-1718 et Symposium sur les gisements stratiformes de cuivre en Afrique. Lithologie. Sédimentologie. Ass. Serv. Geol. africains, Paris.
- NIJHUIS H.J. (1964).—Geological investigations in the region west of Antas and Cuevas de Almanzora, South-Eastern Spain. Thèse, Amsterdam, 124 p., 2 cartes h. t.
- OLIVER J., SYKES L. et ISACKS B. (1969).—Seismology and the new global tectonics. Tectonophysics, vol. 7, n° 5-6, p. 527-541.
- OVTRACHT A. et FOURNIE L. (1956).—Signification paléogéographique des griottes devoniennes de la France méridionale. Bull. Soc. Geol. Fr. (6e série), t. VI, p. 71-80.
- PAEZ CARRION A. et SANCHEZ SORIA P. (1965).—Vulcanologia del Cabo de Gata entre San José y Vela Blanca. Est. Geol., vol. XXI, p. 223-246. Inst "Lucas Mallada" C.S.I.C., España.
- PAILLETTE A. (1841).—Sur le gisement, l'exploitation et le traitement des minerais de plomb dans les environs d'Almeria et d'Adra. Annales des Mines, T. XIX, p. 215-266.
- (1842).—Appendice au Mémoire sur le gisement, l'exploitation et le traitement des minerais de plomb dans les environs d'Almeria et d'Adra. Annales des Mines, T. II, p. 287-320.
- PAQUET J. (1966 a).—Age auversien de la phase tectonique majeure dans le Bétique de Malaga et le Subbétique de la Province de Murcie (Sierras de Espuña et de Ponce). C.R. Ac. Sc., T. 263, série D, p. 1681-1684.
- (1966 b).—Age de mise en place des unités supérieures du Bétique de Malaga et de la partie méridionale du Subbétique (transversale de la Sierra de Espuña, province de Murcie, Espagne). B.S.G.F., 7, VIII, p. 946-954.
- (1967 b).—Etude géologique de l'Ouest de la Province de Murcie. Thèse. Lille.
- PAVILLON M.J. (1963).—Sur un passage latéral du Trias de "couverture" au Trias métamorphique dans la région à l'Ouest de Carthagène (Cordillères bétiques, Espagne). C.R. somm. S.G.F., fasc. 10, p. 328-330.
- (1969).—Analyse stratigraphique et tectonique dans les Sierras de Carthagène et de Portman, Espagne. Contribution à l'histoire paléogéographique des zones internes des Cordillères bétiques. Rev. Géogr. phys. Géol. dyn., vol. XI, fasc. 1, p. 77-100.

- PAVILLON M. J. (1969).—Les minéralisations plombo-zincifères de Carthagène (Cordillères bétiques, Espagne). Un exemple d'héritages successifs en métallogénie. *Min. Deposita*, 4, p. 368—385.
- PERNOLLET M. (1846).—Sur les mines et fonderies du midi de l'Espagne. *Annales des Mines*, T. IX, p. 35—104 ; T. X, p. 253—381.
- PEYRE Y. (1969).—Présentation de deux coupes tectoniques d'ensemble dans les Cordillères bétiques au Nord de Malaga (Andalousie). Essai sur la paléogéographie des Cordillères bétiques au Crétacé inférieur : la transversale de Malaga. *C.R. somm. S.G.F.*, fasc. 2, p. 38—39, et 45—49.
- PIVETEAU J. (1952).—Traité de paléontologie. T. I, Masson Ed. Paris
- PRIEM H.N.A., BOELRIJK N.A.I.M., HEBEDA E.H. et VERSCHURE R.H. (1966).—Isotopic age determinations on tourmaline granite-gneisses and a metagranite in the eastern betic Cordilleras (south-eastern Sierra de los Filabres). SE Spain, *Geol. Mij.*, vol. 45, p. 184—187.
- PUGA E. et FONTBOTE J.M. (1966a).—Sur l'origine des gneiss de la Sierra Nevada (Grenade, Espagne). *C.R. Ac. Sc.*, T. 262, p. 2681—2684.
— (1966 b).—Albite filonienne et albitisation dans les formations métamorphiques de la Sierra Nevada (Cordillères bétiques). *C.R. Ac. Sc.*, T. 263, p. 13—15.
- PUGA E., FONTBOTE J.M. et MARTIN VIVALDI J.L. (1968).—Caracterizacion petrologica del tramo de la Caldera en la serie de la Sierra Nevada (Cordilleras beticas). *Bol. Inst. Geol. y Min. España*, T. LXXIX, fasc. 4, p. 41—48.
- QUESADA GARCIA A. et ESPEJO MOLINA J.A. (1968).—Aportacion al conocimiento geologico minero de la Sierra de Gador en las proximidades de Berja (Almeria). *Bol. Inst. Geol. y Min. España*, T. LXXIX, fasc. II, p. 143—158.
- RIOS J.M. (1963).—Materiales salinos del suelo español. *Inst. Geol. y min. España. Mem.* 64, p. 74—85.
- RIZZINI A. et MATTAVELLI L. (1964).—Logs pétrographiques et cartes de lithofaciès pratiques des roches carbonatées. *Rev. I.F.P.*, vol. XIX, n° 5, p. 720—728.
- RONDEEL H.E. (1965).—Geological investigations in the western Sierra Cabrera and adjoining areas, south eastern Spain. Thèse. Amsterdam, 161 p., 1 carte h.t.
- ROSHKOVA E.V. et SCHTSCHERBAK O.V. (1956).—Adsorption du plomb dans diverses roches. *Bull. Ac. Sc. U.R.S.S.*, série Géol. n° 2, p. 13—24.
- ROUTHIER P. (1963).—Les gisements métallifères. Ed. Masson et Cie, Paris, 1282 p.
— (1966).—Contre la prolifération "cancériforme" : les synthèses étagées, la réflexion sur la méthode. *Mineralium Deposita* 1, p. 6—15.
— (1969).—Essai critique sur les méthodes de la géologie (De l'objet à la genèse). Ed. Masson et Cie, Paris, 204 p.
- SABAU Y et DUMAS Th. (1851).—Terrenos auriferos de Granada. Imprenta Rivadeneyra, Madrid, 64 p.
- SANCHEZ CELA V. (1968).—Estudio petrologico de la sucesiones volcanicas del sector central de la formacion del Cabo de Gata (Almeria). *Est. Geol.*, vol. XXIV, p. 1—38, *Inst. "Lucas Mallada"*, C.S.I.C., España.
- SAUVAGE M. (1843).—Sur la province de Murcie (Espagne) et sur les mineraux argentifères qu'on y exploite. *Annales des Mines*, T. IV, p. 97—114.
- SCHNEIDER H.J. (1964).—Faciès differentiation and controlling factors for the depositional lead-zinc concentration in the Ladinian geosyncline of the eastern Alps. *Developments in Sedimentology* (2), p. 20—29.
- SCHOEFFLER J. (1965).—Une hypothèse sur la tectogenèse de la chaîne pyrénéenne. *B.S.G.F.*, T. VII, p. 917—920.

- SERMET J. (1934).—Le relief de la Sierra Contraviesa (Alpujarras) et l'absence de nappes de charriage. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, T. XXXIV, p. 237-248.
- (1953).—L'Espagne du Sud. 2° Edit. Arthaud Edit. Paris, 422 p. carte h. t.
- SHINN E.A., GINSBURG R.N. et LLOYD R.M. (1965).—Recent supratidal dolomite from Andros Island, Bahamas. *Soc. of Ec. Pal. and Min. Spec. Pub.*, n° 13, p. 112-123.
- SIERRA A. de (1915).—Reseña geologica de la Sierra de Los Filabres (Almeria). *Bol. Inst. Geol. y Min. España*, T. XXXVI, p. 239-276.
- SIERRA LOPEZ J., ORTIZ RAMOS A. et BURKHALTER AÑEL J. (1967).—Origen de algunas mineralizaciones de fluorita y galena de la Sierra de Gador, en relacion con la singenesis y la epigenesis. Importancia para su investigacion minera. *Not. Com. Inst. Geol. y Min. España*, n° 97-98, p. 289-308.
- SIMON O.J. (1963).—Geological investigations in the Sierra de Almagro, South-Eastern Spain. Thèse. Amsterdam 164 p. ; 1 carte h. t. au 1/25 000 e.
- (1964).—La unidad de Almagro : un nuevo elemento estructural en la zona betica ? *Not. Com. Inst. Geol. y Min. España*, n° 83, p. 49-54 (traduction J.M. RIOS).
- (1966 a).—Note préliminaire sur l'âge des roches de l'"unité de Cucharon" dans la Sierra de Carrascoy (Province de Murcie, Espagne). *Geol. Mijn.* n° 4, p. 112-113.
- (1966 b).—The age of the conodont-bearing carbonate rocks from the Sierras de Carrascoy, de Almagro and Alhamilla and from the Zarcilla de Ramos region (SE Spain) *Kon. Ned. Akad. van Wet.*, série B, 69, n° 5, p. 9-19.
- (1967).—Note préliminaire sur la géologie des Sierras de Carrascoy, de Orihuela et de Callosa de Segura (province de Murcie et d'Alicante, Espagne). *C.R. somm. S.G.F.*, fasc., fasc.2, p. 42-43).
- TAPIA J.A. (1966).—Historia de la Baja Alpujarra (Berja, Adra y Dalías). *Artes Graficas.* Almeria. 481 p.
- TERMIER H. et TERMIER G. (1957).—Evolution de la lithosphère. Orogenèse. fasc.II, Masson et Cie Edit.
- TOURAY J.C. et YAJIMA J. (1967).—Hydrocarbures liquides inclus dans des fluorites tunisiennes. *Mineralium Deposita* ; 2, p. 286-290.
- TREUIL M., FAUCHERRE J. et MACQUAR J.C. (1970).—Contribution à l'étude du comportement géochimique de quelques éléments métalliques dans la sédimentogenèse. Exemple de la couverture secondaire des Causses. *Min. Deposita*, 5, p. 1-22.
- TRIGUERO MOLINA E. et NAVARRO ALVARGONZALEZ A. (1963).—Estudio geologico de un area de Vera, Cuevas de Almanzora y Mojacar (Almeria). *Not. Com. Inst. Geol. y Min. España*, n° 70, p. 211-216 (2 cartes).
- TURNER F.J. et VERHOOGEN J. (1960).—Igneous and metamorphic petrology. New-York. Mac Graw-Hill Book Co.
- VAN DER VOO R. (1969).—Paleomagnetic evidence for the rotation of the iberianpeninsula. *Tectonophysics*, vol.7, n°1, p. 5-56.
- VATAN A. (1967).—Manuel de sédimentologie. Ed. Technip. Paris, 397 p.
- VOET H.V. (1967).—Geological investigations in the northern Sierra de Los Filabres around Macael and Cobdar, south-eastern Spain. Thèse. Amsterdam, 122 p., 3 pl. h. t.
- VÖLK H.R. (1966).—Zür geologie und stratigraphie des Neogensbeckens von Vera, südöst Spanien. Thèse. Amsterdam. Trad. Dép. Geol. Struct. Labo. P. FALLOT. ERA. CNRS Geol. de la Mediterranée occidentale.
- WEGMANN C.E. (1932).—Note sur le boudinage. *Bull. Soc. Geol. Fr.* (5e série), t.II, p.477-479.
- WEISS A. et AMSTUTZ G.C. (1966).—Ion-exchange reactions on clay minerals and Cation selective membrane properties as a possible mechanism of economic metal concentration. *Mineralium Deposita*, vol. 1, n° 1, p. 54-60.
- WEPPE M. et JACQUIN J.P. (1966).—Etude préliminaire du gisement plombifère de Coto-Laisquez. (Sierra Alhamilla, Almeria). *Bull. Soc. Hist. Nat. Doubs*, n°68, fasc. 4, p. 105-120.

- WESTERVELD J. (1929).—De bouw der Alpujarras en het tektonisch verband der oostelijke betische ketens. Thèse. Delft, 120 p.
- WESTRA G. (1969).—Petrogenesis of composite metamorphic facies series in an intricata fault zone in the south-eastern Sierra Cabrera, SE Spain. Thèse. Amsterdam, 166 p., 2 pl. h.t.
- ZECK H.P. (1968).—Anatectic origin and further petrogenesis of almandin-bearing biotite-cordierite-labradorite-dacite with many inclusions of restite and basaltoid material. Cerro del Hoyazo, SE Spain (with data on the adjoining part of the Sierra Alhamilla). Thèse. Amsterdam 161 p., 1 carte h.t.
- ZIJDERVELD J.D.A. (1967).—The natural remanent magnetizations of the exeter volcanic traps (Permian, Europe). Tectonophysics, vol. 4, n° 2, p. 121–153.





LISTE DES FIGURES

FICHE MOBILE (non numérotée) (tectonique et lithostratigraphie), destinée à faciliter la lecture.

TOME I

1.	Situation géographique de la région étudiée.....	1
2.	Relief, cours d'eau, localités de la région étudiée	3
3.	Les voies d'accès à la Sierra de Gador	3
4.	Position des grandes zones structurales des chaînes bétiques	10
5.	Localisation de quelques métaux dans les constituants du domaine interne.....	15
6.	Versant méridional de la Sierra de Gador. Coupes dans le Néogène	38
7.	Origine des galets volcaniques du conglomérat de Vicar	40
8.	Zone centrale de la Sierra de Gador ; Néogène du Llano de Alamo	43
9.	Néogène des écaillés d'Alhama d'Almeria	44
10.	Bordure NE de la Sierra de Gador. Coupe schématique passant entre le village de Gador et les anciennes mines de soufre.....	46
11.	Néogène du secteur des anciennes mines de soufre de Benehadux	49
12.	Extrémité orientale de la Sierra de Gador ; reliefs voisins ; localisation de quelques points étudiés	50
13.	Coupe de la Rambla de Indalecio	51
14.	Conglomérat ployé en anticlinal de la Serrata del Pueblo (S du village de Tabernas.....	56
15.	Néogène du synclinal de Canjayar	58
16.	Affleurement du km 7,1 de la route Ugijar-Berja	63
17.	Miocène de Las Almagreras-Castala. Faciès rouges de la base du Miocène et leur environnement	65
18.	Rambla del Mosco. Coupe du Néogène	66
19.	Néogène des environs de Vicar	69
20.	Néogène des environs de Vicar	69
21.	Néogène des environs de Vicar	69
22.	Néogène des environs de Vicar	69
23.	Néogène des environs de Vicar	69
24.	Néogène des environs de Vicar	69
25.	Carte schématique de la répartition actuelle des formations néogènes dans la région étudiée	80
26.	La région étudiée avant les plissements et chevauchements d'âge miocène terminal	82
27.	La région étudiée, avant les mouvements d'âge Miocène terminal. Répartition des faciès de la série II à la fin du dépôt des calcaires organo-détritiques	83
28.	La région étudiée, avant les mouvements d'âge Miocène terminal. Répartition des faciès de la série II, avant le dépôt des calcaires organo-détritiques	84

29.	La région étudiée, avant les mouvements d'âge Miocène terminal, après le dépôt des conglomérats de Vicar et de la Serrata del Pueblo	86
30.	Esquisse de la topographie de la région étudiée, vers la limite entre l'Helvétien et le Tortonien	87
31.	Tentative de reconstitution cartographique et géologique de la région étudiée à la limite Helvétien-Tortonien	88
32.	Représentation schématique du découpage en blocs géométriques du SE de l'Espagne	90
33.	Epicentres des séismes du S de l'Espagne et de la mer d'Alboran	91
34.	Localisation des lambeaux malaguides de l'W de la Sierra de Gador	93
35.	Localisation des témoins malaguides du Cerro del Capitan	94
36 a et b.	Carte et coupes schématiques de la boutonnière à matériel malaguide et alpujarride du Pago de las Paces	95
36 c	Interprétation de la boutonnière dans son cadre local. Coupe schématique passant à quelques centaines de mètres à l'W du Pago de las Paces	95
37.	Affleurement du Bétique de Malaga (près de Cherin)	97
38.	Affleurement du Km 7 de la route Ugijar-Berja	97
39.	Croquis de la falaise située au S du village de Cherin	97
40.	Carte géologique des environs de Chiran et du Pago del Barranco de las Caballos	98
41.	Coupes dans les environs de la carrière de Chiran	100
42.	Coupe du Pago del Barranco de Los Caballos	101
43.	Carrière des "Llanos de Chiran"	103
44.	Synthèse lithostratigraphique du Bétique de Malaga représenté au NW de la Sierra de Gador	105
45.	Essai de corrélation entre les formations malaguides de l'W de la Sierra de Gador et celles des régions voisines	107
46.	Corrélations à travers l'Ensemble malaguide de Malaga à Velez Rubio, en passant par la Sierra de Gador. Recherche d'une explication aux différences de constitution	108
47.	Composition stratigraphique de la "couverture" malaguide dans une partie du domaine bétique interne. Recherche d'une explication aux différences de constitution	108
48.	Affleurements de la nappe de Felix dans les environs de la Añeca	117
49.	Coupes à travers la klippe d'Enix (nappe de Felix) et son substratum	123
50.	Coupe à travers les écaïlles de la nappe de Felix (un peu à l'W du Cortijo del Ingles), illustrant les divers faciès présents dans la nappe	124
51.	Carte des affleurements de la nappe de Felix, entre Canjayar et Fondon	126
52.	Croquis illustrant les faciès de la nappe de Felix dans le secteur du Cerro del Capitan	127
53.	Haute vallée de l'Andarax entre Fondon et Laujar	129
54.	Carte schématique des affleurements de la nappe de Felix, au N de Berja. Les lambeaux malaguides ont été enlevés	132
55.	Séries lithostratigraphiques observées au sein des lambeaux de la nappe de Felix, dans la Sierra de Gador	138
56.	Tentative de reconstitution paléogéographique au sein de la nappe de Felix	142
57.	Répartition des principaux dépôts de la série t ₁ dans la nappe de Felix	143
58.	Répartition des ensembles dolomitiques (t ₂) et calcaire (t ₃) de la nappe de Felix	143
59.	Etude du contact entre la nappe de Felix et la nappe de Gador dans la Rambla de las Hortichuelas, au S du village d'Enix	146
60.	Base de la nappe de Felix avec mylonite et brèches jaunes (km 39,5 de la route allant de Canjayar à Fondon)	147
61.	Schéma illustrant les rapports entre les ensembles représentés dans les nappes de Felix et de Gador	151
62.	Essai de corrélation entre la nappe de Felix et les lambeaux malaguides dans la Sierra de Gador	153
63.	Carte géologique de la Sierra Alhamilla et de ses environs. Extrait de la carte de la carte de la Province d'Almeria de A. NAVARRO-ALVARGONZALEZ (1967) 154	

64.	Carte tectonique de la Sierra Alhamilla, extraite de C.G. EGELER et O.J. SIMON (1969).....	156
65.	Coupe schématique à l'E du Carro del Medio (Sierra Cabrera occidentale)....	156
66.	Coupes à l'E de la route Carboneras-Mojacar. Environs du Km 9.....	157
67.	Composition du complexe alpujarride à l'E de la Sierra de Gador, d'après les auteurs hollandais	160
68.	Paragenèse. Déformations. Micaschistes de la rive gauche du Rio Grande de Adra (N de la Alqueria).....	168
69.	Paragenèses et déformations dans les quartzites et les phyllites (t ₁).....	170
70.	Les faciès de la nappe de Gador dans la galerie "Los Lobos", située au NE d'El Ejido	172
71.	Coupes géologiques dans les environs du Cortijo de la Fuente de la Higuera. Localisation des données sédimentologiques observées au N de la faille (Ψ)....	173
72.	Poudingue à galets mous de pélites rouges dans les quartzites roses (t ₁) - Fuente de la Higuera	175
73.	Ripple marks dans les quartzites roses de la Fuente de la Higuera.....	175
74.	Surface de banc de quartzites roses conservant des figures de dessiccation - Fuente de la Higuera.....	175
75.	Surface de banc identique à la précédente, vue en coupe	175
76.	Nautile dans un banc de calcaire vermiculé. Rive droite du Barranco del Marchal	175
77.	Coquilles de Gastropodes épigénisées en sidérose, dans les calcaires t ₁ du bas Barranco del Marchal	175
78.	Calcschistes et marbres à la base de la nappe de Gador. Vallée du Rio Grande de Adra.....	178
79.	Coupe de la série carbonatée traversée par la route conduisant au village de La Parra	179
80.	Anticlinal déversé et faillé. Bordure méridionale de la zone complexe d'Alhama de Almeria.....	180
81.	Foraminifères observés en lame mince dans les dolomies de la partie supérieure de la série t _{2b}	182
82.	Etude du passage de la série dolomitique (t _{2b}) à la série calcaire et marneuse (t ₃). Coupe relevée aux abords du Km 26,5 de la route Roquetas-Alicun.....	183
83.	Exemple de passage complexe entre la série dolomitique (t _{2b}) et la série calcaire et marneuse terminale (t ₃). Zone située entre Felix et El Marchal (carte : faciès et tectonique)	186
84.	La série calcaire et marneuse terminale (t ₃). Zone située entre Felix et El Marchal (coupes)	187
85.	Rapports entre les différents faciès. (Barranco del Marchal)	188
86.	Une partie du versant méridional de la Sierra de Gador, à l'W du village de Felix	189
87.	Nappes de Gador et de Felix, au SE et à l'E de Felix.....	189
88.	Pli couché dans les calcaires et calcaires marneux de l'ensemble t ₃ de la nappe de Gador	189
89.	Déformations sous le contact de la nappe de Gador avec la nappe de Felix	193
90.	Déformation dans des dolomies à cherts	193
91.	Déformations sous la nappe de Felix.....	193
92.	Déformations sous la nappe de Felix.....	193
93.	Déformations sous la nappe de Felix.....	193
94.	Déformations non tectoniques à la limite t ₂ /t ₃	193
95.	Falaise au NE du lieu-dit "Fuente de la Higuera" (t ₂).....	197
96.	Pic de la Estrella (zone de passage t ₂ à t ₃). Dolomies grises, finement cristallines à accidents siliceux	197
97.	Pic de la Estrella (t ₃ , quelques mètres au-dessus de la limite t ₂ /t ₃). Calcaires vermiculés	197
98.	Faciès de t ₂ au SW du Cortijo del Calabrial.....	197
99.	Tajo del Porto Blanco (centre de la Sierra). Calcaires vermiculés (t ₃)	197
100.	Falaise d'Aguadulce (faciès de t ₂) - 9 km à l'W d'Almeria.....	197
101.	Variations de puissance des faciès dans les environs de la Fuente de la Higuera. Coupe	200

102.	Affleurements de roches vertes.....	203
103.	Affleurement de roche éruptive de la Castala	204
104.	Coupe schématique du versant méridional de la Sierra Nevada entre le village de Beires et les anciennes mines de fer	207
105.	Gisement occidental de roche éruptive doléritique du Cortijo del Calabrial (centre de la Sierra de Gador).....	208
106.	Résultats d'analyses effectuées dans des roches vertes de la Sierra de Gador, des environs de Motril et de la Sierra de Lujar	210
107.	Comparaison des résultats d'analyses effectuées sur les prélèvements de "roches vertes" de la nappe de Gador et de la Mine "Pepita".....	211
108.	Chimisme des "roches vertes" de la Sierra de Lujar étudiées par P. DIMPAULT DARCY et al (1968)	211
109.	Contacts anormaux au N de Berja - Coupes et carte géologiques	214
110 a	Localisation des coupes de la fig. 110 b	215
110 b	Bordure septentrionale du synclinal néogène de Canjajar. Rapports entre le Néogène, les Alpujarrides et les Névado-Filabrides.....	216
111.	Répartition des horizons métamorphiques dans les nappes de Felix et de Gador, sur une coupe schématique qui se situerait à l'W de la Sierra de Gador.....	218
112.	Ecaille tectonique de la Mine de Coto-Laisquez (NW de Nijar). Séries lithostratigraphiques observées	221
113.	Coupes relevées à l'E de la Sierra Alhamilla, le long de la route Nijar-Lucaïñena	222
114.	Schéma montrant la forme générale de la nappe de Gador entre Berja et la Sierra Cabrera	225
115.	D'après J. WESTERVELD (1929) : les nappes internes entre Motril et l'E de la Province d'Almeria.....	228
116.	Données tectoniques et lithostratigraphiques concernant la nappe de Lujar, dans le cadre de la Sierra de Gador	232
117.	Affleurements de quartzites sur la bordure orientale de la Sierra de Lujar	233
118.	Série lithologique des cinq zones définies en Sierra de Lujar (par H. LEROY, 1967).....	234
119.	D'après les données fournies par H. LEROY (1967, p. 47), reconstitution de l'axe de renversement de la série de Lujar.....	235
120.	Fenêtre la plus méridionale de la Rambla Huarea : faciès et interprétation proposée (coupe de la rive gauche)	237
121.	Coupe relevée dans la partie méridionale de la branche orientale de la fenêtre d'Albuñol (schématisée).....	238
122.	Lithostratigraphie des unités tectoniques reconnues en Sierra de Almagro par O. J. SIMON (1963).....	240
123.	Les multiples visages de la série de la nappe de Lujar.....	241
124.	Coupes schématiques sur le flanc méridional de la Sierra Nevada, au N de Laujar de Andarax.....	246
125.	Composition lithologique de la base de la "Mischungszone" près d'Alquife, au N de la Sierra Nevada ; d'après R. MAILLOT.....	247
126.	Localisation très schématique de quelques affleurements de la "Mischungszone" de la Sierra Nevada	249
127.	Galet écrasé de micaschiste dans les marbres de la "Mischungszone".....	250
128.	Carte schématique et coupes entre Nijar et Lucaïñena de Las Torres	252
129.	Niveau de brèche volcano-sédimentaire dans les marbres affleurant entre Nijar et Lucaïñena de Las Torres	254
130.	Nappes bétiques au S de la Sierra Nevada, entre Motril et Adra (d'après F. ALDAYA, 1969).....	259
131.	A Schéma géologique simplifié de F. ALDAYA (1969b) - Annexe : carte au 1/50.000 e	
	B Schéma géologique extrait de la carte au 1/100.000 e de ce mémoire	
	C Nouvelle interprétation proposée, équivalence des unités.....	263
132.	Interprétation des contacts situés entre Adra et le hameau de la Parra	264
133.	Coupes schématiques passant par une transversale imaginaire, idéalisée, résumant les interprétations tectoniques au S de la Sierra Nevada	265

134.	Coupes géologiques sur la bordure septentrionale de la Alpujarra, entre Castaras et le N de Cherin	267
135.	Carte géologique schématique de la bordure méridionale de la Sierra Nevada.	268
136.	Bordure N de la fenêtre de Turon. Interprétation tectonique de F. ALDAYA (1969 b).....	269
137.	Interprétation des contacts dans les environs de la mine du Conjuro (à l'E d'Orgiva)	270
138.	Environnement géographique et structural de la Sierra de Lujar	273
139.	Nouvelle interprétation de la structure des Sierras de Lujar et Contraviesa	274
140.	Interprétation proposée à titre d'hypothèse de travail pour la transversale Cabo Sacratif—Lanjaron.....	275
141.	Localisation des stations de mesures effectuées par F. ALDAYA (1969 a) dans la série lithostratigraphique de ses nappes alpujarrides.....	276
142.	Tectoniques superposées entre Berja et Dalías	278
143.	Relations entre les divers éléments tectoniques représentés dans les environs de Berja	279
144.	Représentation spatiale de l'extrémité occidentale de la nappe de Gador.....	281
145.	Schéma structural d'une partie des zones internes comprise entre la Sierra Nevada et la Mer Méditerranée, entre Motril et Almería. <u>Interprétation</u> proposée.....	282
146.	Schéma paléogéographique extrait de M.J. PAVILLON (1969).....	286
147.	Coupe structurale d'ensemble des Cordillères bétiques (très schématique).....	289
148.	Schématisation des concentrations voisines de P. FALLOT et M. BLUMENTHAL	290
149.	Reconstitution de la forme de l'édifice de nappes (Sierra de Gador et zones voisines) avant les grands cisaillements	294
150.	Cas du "sur-charriage". Evolution du domaine bétique matérialisé par son Permo-Trias	297
151.	Cas du "sous-charriage". Evolution du domaine bétique matérialisé par son Permo-Trias	297
152.	Modèles tectoniques pour la reconstruction de la paléogéographie antérieure à la réalisation de l'édifice de nappes.....	299
153.	Schématisation de l'objection faite à l'hypothèse de la succion, par J.M. FONTBOTE (in F. ALDAYA, 1969 b).....	306
154.	Essai de reconstitution de l'évolution régionale.....	307
155.	Constitution primitive schématique de l'édifice de nappes. Localisation paléogéographique.....	308

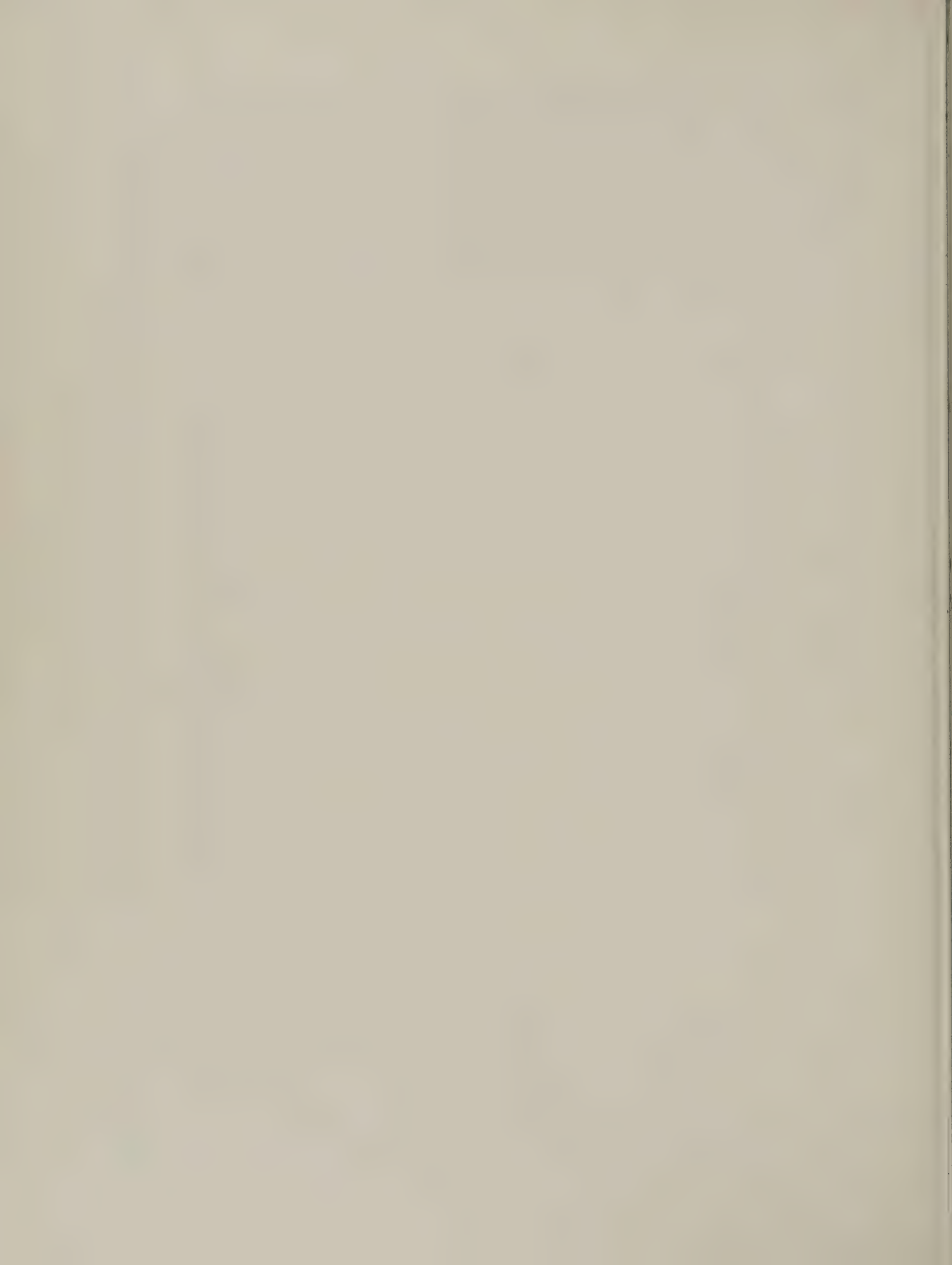
TOME II

156.	Localisation géographique et géologique du Pic de la Estrella et du Pecho del Conejo.....	318
157.	Localisation lithostratigraphique du niveau de "pierre indienne" du Pecho del Conejo	320
158.	Localisation des niveaux de "pierre indienne" (Pecho del Conejo).....	321
159.	Relations entre les minéraux essentiels et accessoires constitutifs de la "pierre indienne" (échantillons provenant des affleurements du Pecho del Conejo)....	322
160.	Déformations tectoniques dans la "pierre indienne".....	323
161.	Galerie Rebusca. Relations spatiales de quelques faciès et localisation des minéralisations en galène et fluorine.....	325
162.	Pecho del Conejo. Versant méridional. "Pierre indienne" parfaitement concordante dans les dolomies grises du sommet de t ₂	327
163.	Pecho del Conejo. Versant occidental. "Pierre indienne" et dolomie grise à l'entrée d'anciennes tranchées (au fond de la Sierra Nevada).....	327
164.	Cortijo de la Peña Negra. Fluorine noire et blanche.....	327
165.	Mine "El Florero". Versant oriental du sommet "Dos Hermanas". Fluorine blanche et noire concordante dans des dolomies	327

166.	Détail de la fig.163. Fluorine noire et blanche ("pierre indienne") sur des dolomies grises à veines diagénétiques de dolomite blanche	327
167.	Détail de la disposition de la fluorine	327
168 a	Tectonique de la zone de la Estrella.....	331
168 b	Tectonique de la zone de la Estrella.....	331
169.	Zone de la Estrella. Coupes passant par les galeries.....	332
170.	Zone de la Estrella. Coupes passant par les galeries.....	333
171.	Zone de la Estrella. Coupes passant par les galeries.....	334
172 a	à h. Coupe au 1/200 e relevée sur le versant NW du Pic de la Estrella, le long de la route des exploitations minières	335
173.	Différents stades de déformation dans les niveaux rouges de t _{2b} (coupes).....	344
174.	Rapports entre galène, fluorine et dolomite dans une dolomie siliceuse à grain fin, fétide, noire	348
175.	Dolomie finement cristalline à quartz, fluorine et galène (coupe de la route de la Estrella).....	348
176.	Barranco de los Plateros (SE du village de Felix). Calcaires en gros bancs à surface onduleuse. Calcaires à joints argileux rouges (petits bancs) passant à des calcaires pseudo-noduleux (nodules d'origine mécanique)	353
177.	Plaque de calcaire noduleux et argileux sur laquelle apparaissent les formes étirées toutes dans le même sens des fragments d'anciens lits calcaires séparés par des lits argileux	353
178.	"Franciscaine"	353
179.	"Franciscaine"	353
180.	Sous des niveaux bréchiques : dolomie presque entièrement recristallisée à partir d'un réseau de veines blanches obliques et parallèles à la stratification	353
181.	Partie supérieure d'un banc dolomitique transformé en "franciscaine".....	353
182.	Versant occidental du Pic de la Estrella. Bloc de "franciscaine" trouvé dans les éboulis.....	357
183.	Versant oriental de la Estrella. Brèche à éléments de "franciscaine"	357
184.	Mine Carmen (près Fondon). "Franciscaine" à raies noires et blanches régulières.....	357
185.	Détail de la fig. 183	357
186.	Dolomie noire bréchique	357
187.	Détail de la fig. 183. Eléments de dolomie noire et de "franciscaine" voisinant à la base d'un niveau de brèche	357
188.	"Franciscaine" à divers stades de développement dans des bancs dolomitiques séparés par des niveaux argilo-dolomitiques. Route des mines de la Estrella. (D'après photographie d'une surface altérée).....	360
189.	Coupe relevée sur le versant oriental du Pic de la Estrella	361
190.	Brèche diagénétique de la zone Maldonado Viejo.....	364
191.	Galerie Maldonado-Viejo. Exemple de brèches	367
192.	Contact entre élément et ciment des brèches diagénétiques observées dans la zone Maldonado-Viejo	368
193.	Localisation d'affleurements minéralisés, au NW de la Sierra de Gador	371
194.	Relation entre la taille moyenne des grains et la composition de la roche (coupe 27).....	373
195.	Variation annuelle de la température du fond et de la salinité selon la profondeur. Localisation des Lagenidés.....	375
196.	Formation de la "franciscaine" et des brèches associées : interprétation	377
197.	Expression simplifiée de la coupe 27 ; interprétation de la "franciscaine" et des brèches	379
198.	Schématisation de la répartition des "franciscaine" et brèches du secteur de la Estrella.....	381
199.	Allure primitive des "franciscaine" et brèches de la zone de la Estrella.....	381
200.	Localisation géographique de la mine de Coto-Laisquez	387
201.	Les écaïlles des environs de Coto-Laisquez (Sierra Alhamilla - Nappe de Gador)	388
202 a	Tectonique des environs de la mine de Coto-Laisquez (Sierra Alhamilla).....	389
202 b	Coupe à travers les écaïlles de la mine de Coto-Laisquez (Sierra Alhamilla).....	390

203.	Détail de la partie supérieure du niveau 18 de la coupe 1	393
204.	Coupes à travers le gisement de plomb de Coto-Laisquez (Sierra Alhamilla) montrant l'allure des horizons minéralisés exploités	394
205.	Coupes à travers le gisement de plomb de Coto-Laisquez (Sierra Alhamilla) montrant l'allure des horizons minéralisés exploités	395
206 a, b, c.	Coto-Laisquez, Coupe 1.....	396
207 a, b, c.	Coto-Laisquez, Coupe 2	399
208.	Microfaille synsédimentaire dans le niveau 4 de la coupe 2.....	402
209.	Détail de la fig. 207 c. (niveaux 20 à 24).....	403
210.	Contexte sédimentologique des minéralisations de Coto-Laisquez	404
211.	Brèche intraformationnelle minéralisée en cérusite et galène (Coto-Laisquez)..	406
212.	Zone minéralisée exploitée de la couche basse. Localisation des différents types de minéralisation	407
213.	Zone minéralisée exploitée de la couche haute ou d'une couche indéterminée. Localisation des différents types de minéralisations.....	408
214.	Zonalité des minéralisations de Coto-Laisquez.....	409
215.	Localisation des affleurements minéralisés du Pago de Las Cabras (à l'E de Fondon).....	412
216.	Coupe relevée sur le flanc méridional du Pago de Las Cabras.....	413
217.	Localisation géographique et géologique de la Mine du Marchal	415
218.	Coupe relevée entre le pont au S du village du Marchal de Anton Lopez et le sommet du Cerro où se situe l'ancienne mine de plomb.....	415
219.	Affleurements minéralisés de la zone du Marchal de Anton Lopez	417
220.	Sierra de Gador. Répartition géographique et nature des minéralisations des ensembles t ₁ et t ₂ de la nappe de Gador.....	425
221.	Ecailles de Coto-Laisquez vues de l'W.....	427
222.	Dolomies minéralisées du Pago de las Cabras.....	427
223.	Zone de la mine du Marchal de Anton Lopez	427
224.	Cerro las Minas, au N d'Aguadulce.....	427
225.	Niveau minéralisé du secteur du Marchal	427
226.	Affleurement minéralisé au S du km 12 de la route Enix-Almeria.....	427
227.	Détail de la figure précédente.....	427
228.	Filon de la Sobrina (Sierra Alhamilla). Nature du remplissage. Galerie N, au niveau du travers-banc	433
229.	Filon de la Sobrina (aspect de la minéralisation quelques mètres sous le niveau du travers-banc, galerie N).....	434
230.	Localisation des indices minéralisés de l'extrémité occidentale de la Sierra Alhamilla (Haute Rambla de Indalecio).....	436
231.	Localisation des minéralisations de la nappe de Lujar.....	438
232.	Exemple de minéralisation en cinabre dans des phyllites et leurs intercalations carbonatées appartenant à une série t ₁	440
233.	Répartition des minéralisations aux quatre époques métallogéniques dans les nappes de Gador et de Felix	446
234.	Répartition des maxima de fixation de quelques éléments dans le temps.....	448





LISTE DES TABLEAUX

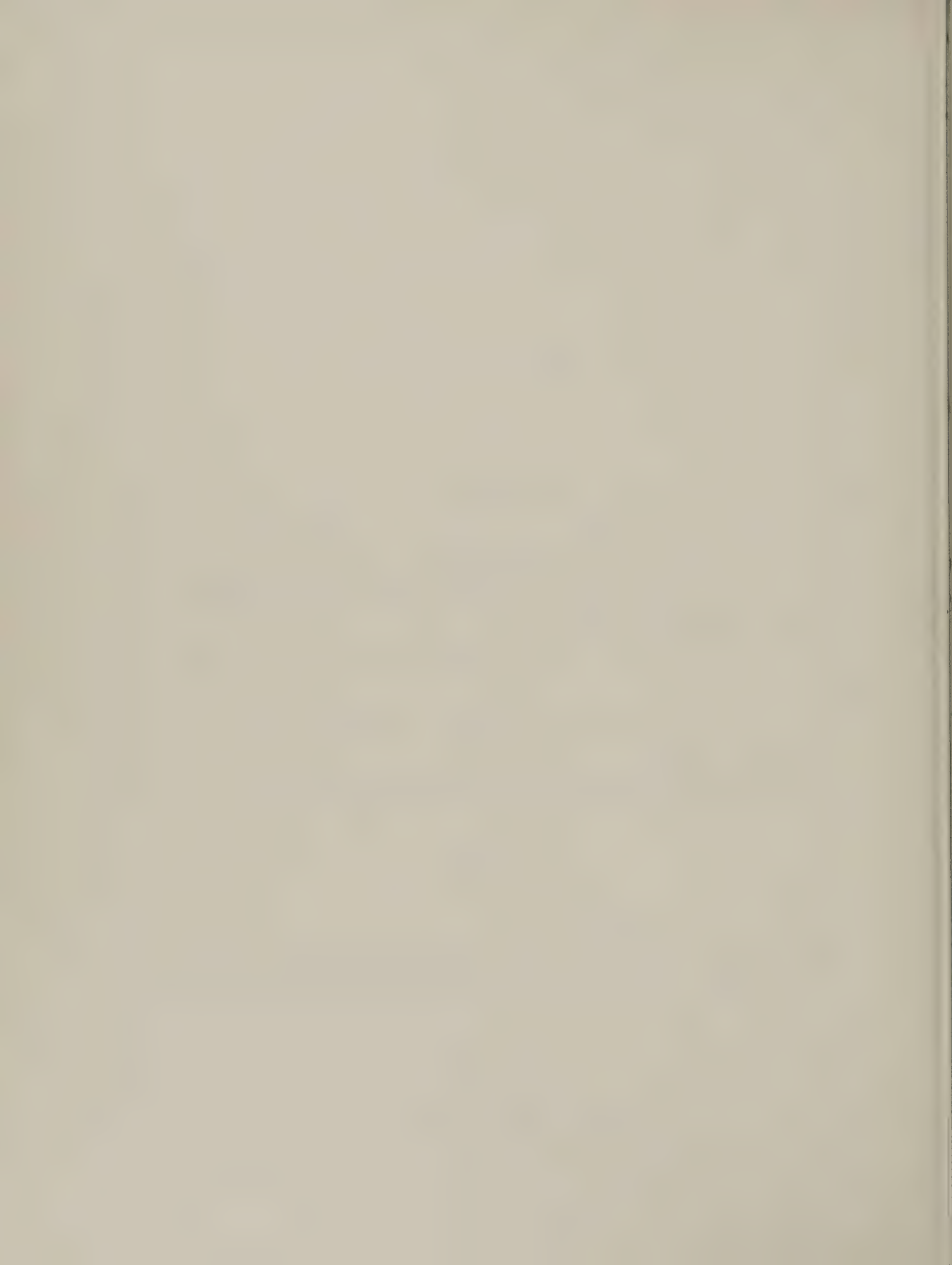
TOME I

I.	Résumé des conclusions lithostratigraphiques.....	21
II.	Nomenclature des faciès.....	22
III.	Données lithologiques et stratigraphiques sur les formations volcaniques et sédimentaires de la chaîne du Cabo de Gata	39
IV.	Essai de corrélation entre les séries néogènes situées au N de l'axe constitué par les Sierras Alhamilla et Cabrera et les séries de la Sierra de Gador et de ses bordures.....	74
V.	Résultats des analyses effectuées sur des échantillons de roches vertes de la Sierra de Gador.....	206
VI.	Analyse de roches vertes de la Mine "Pepita" (près Motril).....	209
VII.	Unités tectoniques reconnues en Sierra de Lujar et Contraviesa par F. AL-DAYA (1969 b).....	257
VIII.	Composition des éléments tectoniques admis comme alpujarrides par F. AL-DAYA (1969 b) entre Motril et Adra, au S de la Sierra Nevada.....	261

TOME II

IX.	Composition de la "franciscaine".....	351
X.	Relations entre les différents types de minéralisations de type I.....	385
XI.	Diagramme de paragenèse proposé pour le filon de la Sobrina	435





LISTE DES PLANCHES HORS-TEXTE

- Pl. I Carte Routière. Situation de localités dont il est question dans le texte. Origine des noms d'unités tectoniques.
- Pl. II a, b, c — Carte au 1/100.000^e. Schéma structural. Détail des lambeaux malaguides.

ILLUSTRATION du CHAPITRE III — Coupes géologiques au 1/50.000^e.

- Pl. III Coupes I, II et III.
- Pl. IV Coupes V, VI et VII.
- Pl. V Coupes VIII, IX et X.
- Pl. VI Coupes XI et XII.
- Pl. VII Coupes XIII et XIV.
- Pl. VIII Coupes XV et XVI.
- Pl. IX Coupes XVII, XVIII et XIX.
-
- Pl. X Coupes séries, schématiques, orientées approximativement N S, situées entre les villages de Padules et de Fondon.
- Pl. XI Disposition actuelle des nappes de Gador et de Lujar. Représentation spatiale.
- Pl. XII Représentation spatiale des formations néogènes de la Sierra de Gador.
- Pl. XIII Directions tectoniques relevées dans la nappe de Gador.
- Pl. XIV Néogène de la Sierra de Gador et de ses bordures.
- Pl. XV Néogène de l'extrémité orientale de la Sierra de Gador et du Bassin de Gergal — Tabernas. Rapports avec l'édifice de nappes.
- Pl. XVI Passage de la sédimentation détritique (t₁) à la sédimentation carbonatée (t₂) dans la nappe de Felix.
- Pl. XVII Données lithostratigraphiques et paléontologiques recueillies en Sierra de Gador dans la nappe de Gador.

- Pl. XVIII Tentative de corrélations dans les séries de la nappe de Gador, représentées dans la Sierra de Gador.
- Pl. XIX Zone centrale du domaine interne des chaînes bétiques (Sierra de Gador, Sierra Alhamilla)
1. Reconstitution spatiale de quelques tranches de nappes remarquables.
2. Schématisation des données concernant les Névado-Filabrides.
- Pl. XX Essai de reconstitution paléogéographique à travers les nappes internes (transversale oblique passant par la Sierra Arana et la Sierra de Gador).
- Pl. XXI Faciès et tectonique. Zone du Pic de la Estrella.
- Pl. XXII Faciès, variations latérales, localisation des minéralisations de la zone de la Estrella.
- Pl. XXIII Répartition des minéralisations de la nappe de Gador.
- Pl. XXIV Localisation des minéralisations dans les nappes de la région étudiée. Schématisation de leurs rapports avec des faits lithostratigraphiques et tectoniques.
- Pl. XXV Essai de synthèse sur les minéralisations.



TABLE DES MATIERES

TOME I

GEOLOGIE REGIONALE

INTRODUCTION	1
1 - Limites de la région	1
2 - Relief et paysages	2
3 - Climats	5
4 - Voies d'accès	5
5 - Villes, populations, ressources	6
CHAPITRE I - CADRE GEOLOGIQUE	9
1 - Structure des chaînes bétiques	9
1.1. Cadre général	9
1.2. Cadre particulier : zones dites internes	11
2 - Les problèmes tels qu'ils se sont posés dans le secteur étudié	13
2.1. Importance de l'état des connaissances et des recherches en cours dans les chaînes bétiques (Géologie régionale)	13
2.2. Les problèmes miniers	15
2.3. Le cas de la Sierra de Gador	16
CHAPITRE II - METHODE DE PRESENTATION DES RESULTATS, ORGANISA- TION DES TOME I ET II, RESUME DES CONCLUSIONS LITHOSTRATIGRAPHIQUES, AVERTISSEMENT POUR LA LEC- TURE DE LA CARTE GEOLOGIQUE	19
1 - Méthode de présentation des résultats	19
1.1. Organisation du Tome I : formations post-nappes et nappes	19
1.2. Organisation du Tome II : géologie minière	20
2 - Résumé des conclusions lithostratigraphiques	21
3 - Avertissement pour la lecture de la carte géologique. Nomenclature. Signes conventionnels	22

CHAPITRE III - LA GEOMETRIE REGIONALE	25
1 - Introduction	25
2 - Commentaire des planches hors-texte (coupes géologiques, etc ...)	26
CHAPITRE IV - HISTOIRE POST-NAPPES DE LA REGION ETUDIEE	35
Introduction	35
1 - Description de quelques coupes caractéristiques	35
1.1. Néogène de Vicar et du Cerro de Los Lobos (versant méridional de la Sierra de Gador)	36
1.1.1. Le conglomérat de Vicar	36
1.1.2. Le Néogène postérieur au conglomérat (environs de Vicar)	40
1.1.3. Le Néogène du Cerro de Los Lobos	41
1.2. Néogène du centre de la Sierra de Gador, des écaïlles d'Alhama et des environs des mines de soufre de Gador	42
1.2.1. Les affleurements du Llano de Alamo	43
1.2.2. Néogène des écaïlles d'Alhama d'Almeria	44
1.2.3. Néogène du secteur des anciennes mines de soufre de Gador	46
1.3. Néogène de l'extrémité orientale de la Sierra de Gador	48
1.4. Néogène de l'extrémité occidentale de la Sierra Alhamilla	50
1.4.1. Coupe de la Rambla de Indalecio	50
1.4.2. Coupe de la Serrata del Pueblo	56
1.5. Néogène du synclinal de Canjayar, entre Alhama et Canjayar....	57
1.5.1. Coupe du Km 10 de la route Alhama-Canjayar	58
1.5.2. Coupe passant par le km 17 de la route Alhama-Canjayar	60
1.5.3. Coupe passant par le km 20 (pont de l'Andarax) de la route Alhama-Canjayar.....	61
1.6. Le Néogène entre Canjayar et Cherin	62
1.7. Néogène du synclinal de Las Almagreras Castala, au N de Berja	64
2 - Age des formations transgressives sur l'édifice de nappes	67
3 - Interprétation des séries ; liaisons avec la tectonique et l'évolution paléogéographique	71
4 - Comparaison avec les zones voisines	75
4.1. Comparaison avec les zones orientales	75
4.2. Comparaison avec les zones voisines septentrionales et occidentales	76
4.3. Conclusions	78
CHAPITRE V - RECONSTITUTION DE L'EVOLUTION REGIONALE RECENTE ET DE LA FORME DE L'EDIFICE DE NAPPES AVANT LA TRANSGRESSION MIOCENE	79
1 - Généralités - Méthode	79
2 - Elimination de la tectonique récente	81
3 - Répartition des faciès de la série Miocène II	85

4 — Constitution géologique de l'édifice avant les dépôts conglomératiques (série I)	89
5 — Interprétation des grandes structures régionales post-nappes	90
CHAPITRE VI — LES LAMBEAUX MALAGUIDES	93
1 — Localisation des affleurements	93
2 — Description des affleurements	94
2.1. Affleurements du Cerro del Capitan	94
2.2. Affleurement du Pago de Las Paces	94
2.3. Affleurement des environs de Cherin	96
2.4. Affleurements du Pago del Barranco de Los Caballos	99
2.5. Affleurement de la carrière de gypse de Chiran	99
3 — Synthèse lithostratigraphique. Comparaison avec les séries malaguides des régions voisines	104
4 — Le contact des klippes malaguides avec leur substratum. L'origine du morcellement	110
5 — Origine des klippes malaguides	112
CHAPITRE VII — LA NAPPE DE FELIX	115
1 — Localisation et description des affleurements	115
1.1. Affleurements du versant méridional de la Sierra de Gador	115
1.1.1. Environs de la Añeca	115
1.1.2. Affleurements type de Felix	116
1.2. Affleurements de la zone orientale de la Sierra de Gador	122
1.2.1. klippe d'Enix	122
1.2.2. Zone complexe d'Alhama et son prolongement occidental	123
1.3. Affleurement de la bordure N de la Sierra de Gador	125
1.3.1. klippe des Peñones de Tremendo (au SE de Canjayar)	125
1.3.2. Affleurement situé entre la Barriada de Alcora et los Tajos Colorados	127
1.3.3. Affleurement du Cerro del Capitan et plus à l'W	127
1.3.4. Affleurement du versant méridional de la Sierra Nevada	128
1.4. Affleurements de la nappe de Felix, à l'W de la Sierra de Gador	131
1.4.1. Affleurement au N et au NE de Berja	131
1.4.2. Affleurements du Pago del Barranco de los Caballos	134
1.4.3. La bande de phyllites située entre la Loma del Collado et le Llano de Lucaínena	134
1.4.4. Affleurements des environs de Lucaínena	135
2 — Synthèse lithostratigraphique. Comparaison des séries observées dans la nappe	136
2.1. Série-type. Age des formations	136
2.2. Comparaison des séries locales	137

2.2.1. Les variations à la base de la série	139
2.2.2. Les variations au sein de la série	140
2.2.3. Variations au sommet de la série	140
3 — Conclusions sédimentologiques et paléogéographiques	141
4 — Le contact des klippen de la nappe de Felix avec la nappe inférieure..	144
4.1. Les brèches tectoniques	144
4.1.1. Affleurements au S d'Enix	145
4.1.2. Affleurements au NE de Fondon	145
4.1.3. Affleurements au sein de la nappe.....	145
4.2. Interprétation	145
4.3. Les formations en contact	150
4.4. Le morcellement de la nappe de Felix	151
5 — Age de mise en place de la nappe de Felix	152
6 — Comparaison avec l'ensemble supérieur	152
7 — Comparaison avec des séries reconnues à l'E et à l'W	155
7.1. A l'E de la Sierra de Gador	155
7.1.1. Sierra Alhamilla	155
7.1.2. Sierra Cabrera	155
7.1.3. Sierra de Almagro et extrémité orientale de la Sierra de Los Filabres.....	158
7.2. Comparaison avec les séries reconnues au NE de la Sierra de Gador : Sierra de Los Filabres	161
7.3. Résultats des comparaisons avec les zones orientales, au niveau des unités situées sous le Bétique de Malaga	163
7.4. Comparaison avec des séries reconnues à l'W de la Sierra de Gador	163
CHAPITRE VIII — LA NAPPE DE GADOR	167
1 — Importance des affleurements	167
2 — La série lithostratigraphique de la nappe de Gador. Description des principaux faciès	167
2.1. Les grandes subdivisions	167
2.2. Les micaschistes	168
2.3. Le contact entre les micaschistes et la série des phyllites et quartzites (t ₁)	169
2.4. La série des phyllites et des quartzites (t ₁).....	169
2.4.1. Affleurements entre San Roque et la Alqueria	170
2.4.2. Affleurements entre Dalias et la Fuente Alta, de la Mina del Maricho et de la galerie de Los Lobos (au NE d'El Ejido.....	171
2.4.3. Affleurements de la Fuente de la Higuera	171
2.4.4. Affleurements de t ₁ sur le versant S de la Sierra Nevada	173
2.5. Nature originelle de la série des phyllites : évolution métamor- phique	174

2.6.	Le passage de la série des phyllites (t ₁) à la série carbonatée (t ₂) et la limite du métamorphisme	177
2.6.1.	A l'W de la région étudiée	177
2.6.2.	Le passage de la série des phyllites (t ₁) à la série carbonatée inférieure (t ₂) à l'E de la région étudiée	178
2.7.	La base de la série carbonatée inférieure : t _{2a}	179
2.8.	L'armature de la nappe de Gador : la série dolomitique et calcaire (t _{2b})	180
2.9.	Le contenu paléontologique de la série t _{2b}	182
2.10.	Le passage de la série t _{2b} à la série t ₃	184
2.11.	La série t ₃ : faciès et aspect structural	191
2.12.	Le contenu paléontologique de la série t ₃	195
3	— Les variations latérales au sein de la série de la nappe de Gador	199
4	— Age des séries de la nappe de Gador	201
5	— Les roches éruptives situées dans la série carbonatée de la nappe de Gador	203
5.1.	Les roches éruptives interstratifiées	203
5.1.1.	Les roches éruptives de l'extrémité occidentale de la Sierra	203
5.1.2.	Les roches éruptives interstratifiées dans les roches carbonatées de la nappe de Gador, au N de Beires	208
5.2.	Les roches éruptives recoupant la série de la nappe de Gador	208
5.3.	Les roches vertes de la Mine "Pepita" de Motril	209
5.4.	Le chimisme des roches vertes de la nappe de Gador, comparaison avec les roches de la nappe de Lujar	210
6	— Le contact de la nappe de Gador avec les ensembles sous-jacents	212
7	— Comparaisons de la nappe de Gador avec la nappe supérieure : la nappe de Felix (dans le cadre restreint de la Sierra de Gador)	217
7.1.	Comparaisons des séries considérées dans leur ensemble	217
7.2.	Comparaison des limites de métamorphisme	217
7.3.	Comparaison au niveau des ensembles t ₁	218
7.4.	Comparaison au niveau des ensembles t ₂	219
7.5.	Comparaisons au niveau des ensembles t ₃	219
7.6.	Conclusions. Le problème des séries dites "alpujarrides"	220
8	— Comparaison avec des séries voisines représentées à l'E de la Sierra de Gador	221
8.1.	Dans la Sierra Alhamilla	221
8.1.1.	Comparaison avec la série de Coto-Laisquez (Nijar)	221
8.1.2.	Comparaison avec la série observée à l'E de Nijar (versant méridional de la Sierra Alhamilla)	222
8.1.3.	Comparaison avec la zone de Lucaínena de las Torres (extrémité occidentale de la Sierra Alhamilla, versant N	223

8.2. Comparaison avec des séries observées en Sierra Cabrera	223
8.3. Conclusions tirées des comparaisons avec les séries observées dans les massifs internes, orientaux les plus proches (séries rattachées à la nappe de Gador.....)	224
9 — Comparaison avec des séries représentées à l'W de la Sierra de Gador	226
CHAPITRE IX — LA NAPPE DE LUJAR	227
1 — Introduction	227
2 — La nappe de Lujar : élément alpujarride par définition.....	229
3 — Sens de la série de la nappe de Lujar (en Sierra de Lujar).....	230
4 — La série lithostratigraphique de la nappe de Lujar, dans la Sierra de Lujar	233
4.1. La série-type, prise en Sierra de Lujar	233
4.2. Les variations latérales (en Sierra de Lujar)	234
5 — Comparaison des séries de la nappe de Lujar et de la nappe de Gador..	236
5.1. La série de Lujar, au S des gorges du Rio Grande de Adra	236
5.2. Les faciès de la fenêtre la plus méridionale de la Rambla Huarea	237
5.3. Situation de quelques faciès significatifs dans la fenêtre d'Al- buñol	238
5.4. Comparaison avec la nappe supérieure : la nappe de Gador	239
CHAPITRE X — LES NEVADO-FILABRIDES	243
1 — Introduction	243
2 — Résumé des données récentes sur les névado-filabrides	243
3 — Description succincte des affleurements de la Sierra Nevada, dans les secteurs voisins du périmètre étudié	245
3.1. Affleurements au N de Lujar	245
3.2. Affleurements au SE de Ohanes	247
3.3. La série de la "Mischungszone" près d'Alquife et du Marquesado (N de la Sierra Nevada)	247
3.4. Affleurements du versant méridional de la Sierra Nevada, à l'W de Lujar de Andarax	248
4 — Le problème du "cœur cristallin" de l'anticlinal post-nappe de la Sierra Alhamilla	250
4.1. Origine du problème	250
4.2. Le contact "cœur cristallophyllien" et faciès alpujarrides au S de Tabernas	251
4.3. Les environs de la mine de Coto-Laisquez.....	253
4.4. Affleurements entre Nijar et Lucaínena de las Torres	253
4.5. Conclusion : le complexe névado-filabride est représenté dans le cœur de la Sierra Alhamilla	255
5 — Quelques réflexions sur les affleurements névado-filabrides étudiés ...	256

CHAPITRE XI — CORRELATIONS AVEC LA ZONE OCCIDENTALE	257
1 — Structure et lithologie de l'édifice de nappes entre Rio Guadalfeo et Rio Grande de Adra	257
2 — Les corrélations structurales à travers la zone transversale d'Adra — Ugijar.....	258
2.1. L'interprétation de F. ALDAYA (1969 b)	258
2.2. Nouvelles interprétations proposées	260
2.2.1. Au S de la fenêtre de Turon	260
2.3. Les problèmes des corrélations au N de la fenêtre de Turon	262
3 — Corrélations à l'aide des séries lithologiques	264
4 — Etude d'une série de coupes levées dans la dépression de la Alpujarra et sur ses bordures	266
5 — Corrélations à travers la moitié méridionale de la zone plus occidentale	271
6 — La transversale Lanjaron — Cabo Sacratif.....	272
6.1. La structure d'ensemble	272
6.2. Les structures de détail	276
7 — Age relatif des grands accidents tardifs repérés sur la transversale d'Adra — Ugijar.....	277
8 — Conclusions.....	278
CHAPITRE XII — INTERPRETATION REGIONALE	284
1 — Généralités	284
1.1. Les synthèses sur les chaînes bétiques	284
1.2. Les problèmes de nomenclature et leurs répercussions sur les synthèses dans le domaine interne	286
1.3. Les interprétations tectoniques	289
2 — Résumé des observations et des conclusions tirées de la dissection antérieure : histoire post-nappe de la région	290
2.1. Rappels sur la constitution régionale	290
2.2. Histoire régionale postérieure aux cisaillements	291
2.3. Les cisaillements	292
3 — Constitution primitive de l'édifice de nappes	293
3.1. Constitution et forme des tranches de nappe typiques	293
3.2. Comparaison des séries représentées dans les différentes nappes..	295
4 — Elaboration des modèles tectoniques	296
5 — Les modèles paléogéographiques	300
5.1. Données lithologiques	300
5.1.1. Hypothèse du "sous-charriage"	300
5.1.2. Hypothèse du "sur-charriage"	302

5.2. Les données de la tectonique (géométrie).....	302
5.2.1. Hypothèse du "sous-charriage"	302
5.2.2. Hypothèse du "sur -charriage"	303
5.3. Les données du métamorphisme	303
6 - Conclusion sur le mode de mise en place des nappes	304
7 - Histoire générale de la région, de la fin du paléozoïque à l'actuel....	304
8 - Une hypothèse de recherche.....	309

TOME II

GEOLOGIE MINIERE

AVERTISSEMENT	311
CHAPITRE XIII - INTRODUCTION A L'ETUDE DES MINERALISATIONS	313
1 - Historique	313
1.1. La "préhistoire" minière régionale	313
1.2. La "belle époque" minière et la décadence.....	313
1.3. Les études de géologie minière relatives à la région	315
2 - Les buts poursuivis	316
CHAPITRE XIV - LA ZONE DU PECHO DE CONEJO ET DE LA ESTRELLA ..	317
1 - Localisation géographique	317
2 - Localisation géologique	317
3 - La minéralisation du Pecho del Conejo.....	319
3.1. Constitution minéralogique de la "pierre indienne"	319
3.2. Structure et relation avec les roches encaissantes	323
3.3. Interprétation génétique	324
4 - La zone de la Estrella	330
4.1. Présentation générale de la zone.....	330
4.2. Description d'une coupe	343
4.3. Description détaillée des faciès de la coupe 27.....	344
4.3.1. Les calcaires.....	344
4.3.2. Les calcaires ou calcaires dolomitiques noduleux, argi- leux, rouges.....	344

4.3.3. Les dolomies grises ou noires	346
4.3.4. Les accidents siliceux.....	346
4.3.5. Les dolomies noires siliceuses à fluorine et galène.....	347
4.3.6. Les niveaux siliceux à fluorine, dolomite, galène et hémimorphite.....	349
4.3.7. La "franciscaine" et les brèches	350
4.3.8. Les dolomies ou dolomies calcaires argileuses à galène et parfois fluorine	370
4.4. Remarques générales à propos des faciès étudiés	372
4.4.1. Remarques à propos du grain des différents faciès et de leur composition chimique. Critères de reconnaissance sur le terrain	372
4.4.2. Bathymétrie des dépôts carbonatés de la coupe 27, d'après la faune, la microfaune et les structures observées	374
4.5. Interprétation sédimentologique et dynamique de la coupe 27 dans son cadre général	375
4.5.1. Rappels sur l'origine des dolomies et le rôle des calcaires	375
4.5.2. Interprétation dynamique des dépôts dans le cadre de la zone de la Estrella	376
4.5.3. Rapports entre les minéralisations et les processus dyna- miques	380
5 — Essai de synthèse sur les zones de la Estrella et du Pecho del Conejo	382
5.1. Position des minéralisations dans la série	382
5.2. Relations entre les types de minéralisations	383
5.3. Position des minéralisations dans la nappe de Gador	384
CHAPITRE XV — LA MINE DE COTO - LAISQUEZ	387
1 — Situation géographique	387
2 — Situation géologique.....	391
3 — Tectonique locale	391
4 — Morphologie générale et position dans la série des corps minéralisés...	391
5 — Nature de la minéralisation	392
6 — La série de Coto-Laisquez. Cadre sédimentologique des minéralisations	392
6.1. Coupe 1. Commentaire et interprétation	392
6.2. Coupe 2. Commentaire et interprétation	402
7 — Les niveaux minéralisés	404
7.1. La teinte des brèches	405
7.2. Nature et morphologie des constituants	405
7.3. Répartition des minerais dans les niveaux bréchiques et les murs dolomitiques	407
8 — Interprétation générale de la zone.....	409

CHAPITRE XVI — AUTRES MINÉRALISATIONS DE LA NAPPE DE GADOR	
SYNTHÈSE SUR LES MINÉRALISATIONS DE CETTE	
NAPPE	411
1 — Introduction	411
2 — Minéralisations du N et de l'E de la nappe de Gador (Sierra de Gador)	412
2.1. Secteur du Pago de las Cabras.....	412
2.1.1. Localisation géographique et géologique	412
2.1.2. Coupe lithologique dans laquelle s'insèrent les minéralisations	414
2.2. Secteur du Marchal de Anton Lopez	414
2.2.1. Situation géographique et géologique	414
2.2.2. Nature et localisation des minéralisations dans la série locale	416
2.3. Les minéralisations de l'extrémité orientale de la Sierra de Gador, dans la nappe de Gador	416
2.4. Remarques générales sur les minéralisations de l'E de la Sierra ..	418
3 — Indices de minéralisation dans l'ensemble t_3	419
4 — Indices minéralisés dans la série t_1	419
5 — Synthèse sur les minéralisations de la nappe de Gador	420
5.1. Nature et localisation des minéralisations dans les séries	420
5.2. Position des minéralisations dans les séries virtuelles ; problèmes pour les situer et validité de ces tentatives à l'échelle où se situe cette étude.....	420
5.3. Relations entre la genèse des minéralisations et celle des roches-soutiens.....	423
5.4. Répartition géographique des associations reconnues dans t_{2b} ; rapports des associations avec les faits géologiques régionaux....	424
CHAPITRE XVII — MINÉRALISATIONS DES NEVADO - FILABRIDES ET DES	
NAPPES DE LUJAR ET DE FELIX	
1 — Minéralisations des névado-filabrides	431
1.1. Les gisements de fer	431
1.2. Filons encaissés dans les séries névado-filabrides	432
1.3. Le filon de la "Sobrina" (Sierra Alhamilla).....	432
2 — Minéralisations de la nappe de Lujar	437
3 — Minéralisation de la nappe de Felix	439
3.1. Les indices de t_1	439
3.2. Les indices de t_2	440
3.3. Les indices de t_3	441
3.4. Conclusions sur les minéralisations de la nappe de Felix.....	441

CHAPITRE XVIII — CONCLUSIONS RELATIVES A LA GEOLOGIE MINIERE	443
1 — Répartition géographique et lithostratigraphique des minéralisations ...	443
2 — Types de minéralisations	444
3 — Age et nature des minéralisations	445
3.1. Age des minéralisations	445
3.2. Associations de minéralisations et âge des dépôts	447
4 — Origine des minéralisations.....	449
5 — Esquisse d'une synthèse sur les minéralisations de la région étudiée. Retour aux problèmes régionaux	449
6 — Province et époques métallogéniques bétiques	451
CONCLUSIONS GENERALES	453
1 — La méthode de présentation	453
2 — Constitution géométrique de la région étudiée. Chronologie des évé- nements tectoniques	454
3 — Constitution et âge des séries représentées dans la région	455
3.1. Séries autochtones.....	455
3.2. Séries allochtones	456
4 — Magmatisme	458
4.1. Activité postérieure à la mise en place des nappes	458
4.2. Trace d'une activité magmatique triasique dans les séries allochtones	458
5 — Le métamorphisme dans les séries allochtones	458
6 — Les minéralisations	459
7 — Paléogéographie et tectonique bétique	460
REMERCIEMENTS	463
BIBLIOGRAPHIE.....	467
LISTE DES FIGURES	479
LISTE DES TABLEAUX.....	487
LISTE DES PLANCHES HORS-TEXTE	489
TABLE DES MATIERES	491

